

45442



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
Byung-Jin Chun :
Serial No.: 10/616,964 : Group Art Unit:
Filed: July 11, 2003 :
For: ADAPTIVE POWER POOLING :
APPARATUS AND METHOD IN A :
MOBILE COMMUNICATION SYSTEM :

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In order to perfect the claim for priority under 35 U.S.C. §119(a), the Applicants herewith submit a certified copy of Korean Patent Application No. 2002-41023, as filed on July 13, 2002. Should anything further be required, the Office is asked to contact the undersigned attorney at the local telephone number listed below.

Respectfully submitted,

Peter L. Kendall
Attorney of Record
Reg. No.: 46,246

Roylance, Abrams, Berdo & Goodman, L.L.P.
1300 19th Street, N.W., Suite 600
Washington, D.C. 20036-2680
(202) 659-9076

Dated: April 14, 2004

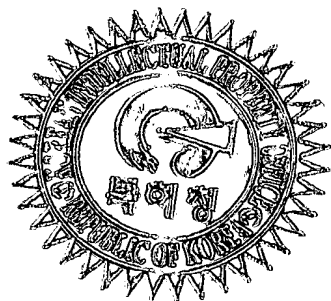


This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0041023
Application Number

출원년월일 : 2002년 07월 13일
Date of Application JUL 13, 2002

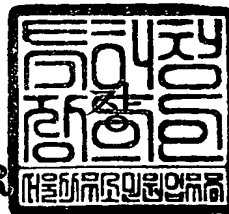
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2004 년 01 월 28 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서		
【권리구분】	특허		
【수신처】	특허청장		
【참조번호】	0001		
【제출일자】	2002.07.13		
【국제특허분류】	H04M		
【발명의 명칭】	이동통신 시스템에서 적응 방식의 전력 풀링 장치 및 방법		
【발명의 영문명칭】	ADAPTIVE POWER POOLING METHOD AND APPARATUS IN A MOBILE COMMUNICATION SYSTEM		
【출원인】			
【명칭】	삼성전자 주식회사		
【출원인코드】	1-1998-104271-3		
【대리인】			
【성명】	이건주		
【대리인코드】	9-1998-000339-8		
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	천병진		
【성명의 영문표기】	CHUN, Byung-Jin		
【주민등록번호】	601015-1110519		
【우편번호】	441-400		
【주소】	경기도 수원시 권선구 곡반정동 대림아파트 221-404		
【국적】	KR		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 이건주 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	54	면	54,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	0	항	0 원
【합계】	83,000	원	

【요약서】**【요약】**

본 발명은 이동통신 시스템의 전력증폭장치 및 전력증폭 방법에 있어서, 분배기, 전력 증폭기, 결합기의 직렬 구조만으로 구성된 전력증폭장치의 문제점을 지적하고 이를 극복하기 위해 통계적 신호처리에 기반을 둔 적응 전력증폭시스템을 제시한다. 본 발명에서는 상기 전력 증폭 시스템을 설명하기 위해 전력 풀링(Power Pooling)의 개념을 도입한다. 본 발명에 따른 전력 풀링 장치는 분배기-전력 증폭기-결합기의 직렬 구조에 적응 알고리즘 계산부(또는 적응 신호 처리부)가 수반되며, 상기 적응 알고리즘 계산부는 제어기(Controller)와 추정기(Estimator)를 결합하는 구조를 가지고 있으며, 디지털적으로 변화시키기 용이한 분배기를 제어기로서 적응시키는 방법을 사용함으로써, 전력증폭장치 운전상의 동적 환경과 증폭 특성의 변화가 있을 경우 이를 적절히 보상해 줄 수 있다. 따라서 전력 증폭 장치에 사용되는 전력을 균등하게 분배하여 증폭함으로써 섹터별 증폭기를 공용으로 사용함과 동시에 전력증폭장치의 효율을 높이는 적응 방식의 전력증폭 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

【대표도】

도 8

【색인어】

전력 증폭 장치, 전력 분배기, 결합기, 전력 분배 증폭기(Power sharing amplifier)

【명세서】

【발명의 명칭】

이동통신 시스템에서 적응 방식의 전력 풀링 장치 및 방법{ADAPTIVE POWER POOLING METHOD AND APPARATUS IN A MOBILE COMMUNICATION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래 기술에 따른 3섹터 안테나 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 2는 본 발명의 원리에 따른 전력 풀링 장치를 포함하는 안테나 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 3은 도 2에 도시된 분배기/결합기의 구현을 위한 3dB 커플러의 구성을 나타내는 도면.

도 4는 도 2에 도시된 분배기/결합기의 구성의 일 예를 도시하는 도면.

도 5는 도 2에 도시된 분배기/결합기의 구성의 다른 예를 도시하는 도면.

도 6은 본 발명의 전력 풀링 장치의 구성을 도시하는 도면.

도 7은 본 발명의 또 다른 전력 풀링 장치의 구성을 도시하는 도면.

도 8은 본 발명의 원리에 따른 적응 방식의 전력 풀링 장치를 포함하는 안테나 시스템의 구성을 도시하는 도면,

도 9는 도 8에 도시된 전력 증폭부 전달 특성 행렬을 추정하는 흐름도,

도 10은 도 8에 도시된 전력 증폭부 전달 특성과 결합기 특성 행렬을 추정하는 흐름도,

도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 구성을 도시하는 도면,

도 12는 도 8 또는 도 11에 도시된 피드백 경로부의 구성의 일예를 보여주는 도면,

도 13은 도 3 또는 도 11에 도시된 적응 신호 처리부의 구성의 일예를 보여주는 도면,

도 14a는 본 발명의 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 실험결과에 따른 각 섹터별 입력 파형을 도시하는 도면,

도 14b는 본 발명의 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 실험결과에 따른 분배기의 출력 파형을 도시하는 도면,

도 14c는 본 발명의 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 실험결과에 따른 전력 증폭부의 출력 파형을 도시하는 도면,

도 14d는 본 발명의 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 실험결과에 따른 각 섹터별 최종 출력 파형을 도시하는 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 전력 증폭장치에 관한 것으로서, 특히 이동통신 시스템의 전력 증폭장치에 관한 것이다.

<19> 일반적으로 부호분할다중접속(CDMA: Code Division Multiple Access)방식의 통신시스템과 같은 이동 통신시스템의 출력단에는 전력 증폭장치(PA: Power Amplifier)가 구비된다. 이러

한 전력 증폭장치는 무선주파수(RF: Radio Frequency) 신호를 무선 경로로 전송하기에 적합한 레벨의 신호로 전력 증폭하고, 상기 전력증폭된 신호를 안테나로 제공한다. 이에 따라 상기 안테나는 상기 전력증폭된 신호를 상기 무선 경로로 전송한다.

<20> 도 1은 종래 기술에 따른 3섹터 안테나 시스템의 전력 증폭장치의 구성을 도시하는 도면이다. 상기 도 1은 α, β, γ 섹터를 가지는 3섹터 안테나 시스템(3 Sector Antenna system)의 전력 증폭장치가 나타나 있다. 상기 전력 증폭장치는 각 섹터별로 독립적으로 구동되는 전력증폭기(PA: Power Amplifier)들(100)로 구성된다. 이러한 구성 하에서, 어느 한 섹터에 호가 많이 걸릴 경우 그 섹터의 전력 증폭기에 부하가 많이 걸린다. 이와 같이 부하가 많이 걸리는 섹터로 가입자가 원하는 서비스가 충분히 제공되도록 하기 위해서는 해당 전력 증폭기의 용량을 늘여야 한다. 이런 현상은 모든 섹터들에 대해 동일하게 발생할 수 있으므로 결국 모든 섹터당 전력 증폭기의 용량을 가능한 최대한으로 설정해 놓을 필요가 있다. 그런데, 섹터당 호 발생 분포는 시간 및 섹터에 따라 균일하지 못하므로 모든 섹터들의 전력 증폭기의 용량을 최대한 설정하는 방식은 전력 증폭기의 활용 측면에서 비효율성을 초래한다고 볼 수 있다. 특히, 부하가 많이 걸리는 전력 증폭기의 수명은 다른 전력 증폭기에 비해 단축된다.

<21> 한편, 종래 기술에 따른 전력 증폭장치는 운전 중 어떤 전력 증폭기가 고장나서 서비스가 중단되는 경우를 대비해서 여분의 전력 증폭기를 구비할 수 있다. 하지만 상기 여분의 전력 증폭기는 타 전력 증폭기들이 구동되고 있는 동안에는 작동하지 않고 있으므로 전력 증폭장치 전체의 활용도 측면에서 보았을 때 비효율성이 가중된다고 할 것이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <22> 따라서, 본 발명의 목적은 복수의 전력 증폭기들을 포함하는 이동 통신시스템에서 상기 증폭기들을 효율적으로 사용하기 위한 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- <23> 본 발명의 다른 목적은 섹터별로 구분되는 전력 증폭기들을 포함하는 이동 통신시스템에서 섹터별 부하의 불균형에도 불구하고 상기 전력 증폭기를 균등하게 사용하기 위한 전력 폴링 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- <24> 본 발명의 또 다른 목적은 복수의 전력증폭기들을 포함하는 이동 통신시스템에서 상기 전력증폭기들의 수명이 균등하도록 하는 전력 폴링 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- <25> 본 발명의 또 다른 목적은 전력 폴링 장치를 각 섹터별로 균등하게 구동하기 위해 분배기 전달 특성 행렬을 적응적으로 추정하는 장치와 방법을 제공함에 있다.
- <26> 이러한 목적들을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, M개의 섹터별 입력 신호들을 주기적으로 갱신되는 분배기 전달 특성 행렬에 의해 N개의 균등한 전력 레벨을 갖는 신호들로 분배하는 분배기를 구비하고, 상기 분배기의 전달 특성 행렬을 주기적으로 갱신하기 위해, 상기 M개의 입력 신호들과 상기 N개의 분배기 출력 신호들과 전력 증폭부의 출력 신호들과 상기 전력 증폭부 출력 신호들을 원래의 섹터별 신호로 복구하기 위한 결합기 출력 신호들을 입력받아 망각상수를 갖는 재귀적 최소 자승법에 의해 전력 증폭부 전달 특성행렬 또는 결합기 전달 특성행렬을 추정하고, 상기 추정된 전달 특성행렬을 이용하여 차기 분배기 제어행렬을 출력하는 적응신호처리부를 구비하도록 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <27> 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- 하기의 설명에서는 본 발명에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.
- <28> 하기에서 설명될 본 발명은 섹터별 부하의 불균형시 일어나는 전력 증폭기의 비효율적인 구동의 현상을 극복하기 위해, 기지국내의 다수의 섹터별 전력 증폭기를 섹터간에 공용화하자는 취지에 따른 것이다. 이러한 본 발명의 원리를 하기에서는 "전력 풀링(Power Pooling)"이라고 칭하기로 하고, 이러한 장치를 "전력 풀링 장치"라고 칭하기로 한다. 즉, 본 발명의 원리에 따른 전력 풀링 장치는 단순한 전력 증폭 장치가 아니라 전력 분배 및 결합 기능을 가지는 전력 증폭 장치를 의미한다. 따라서 하기에서 "전력 풀링"의 의미는 전력 분배 및 결합을 포함하는 전력 증폭의 의미로 사용될 것이다. 하기에서는 먼저 본 발명의 원리가 설명될 것이다. 다음에 본 발명의 실시예들이 설명될 것이다. 그 다음에, 본 발명의 실시예에 따른 전력 풀링 장치에 의한 실험 결과가 설명될 것이다.

<29> A. 본 발명의 원리

<30> 도 2는 본 발명의 원리에 따른 전력 풀링장치의 구성을 나타내고 있다.

<31> 상기 도 2를 참조하면, 상기 전력 풀링장치는 분배기(또는 분배장치)(220), 전력 증폭부(240)와, 결합기(또는 결합장치)(260)를 구비한다. 상기 분배기(220)는 각 섹터별 입력 신호를 전력 증폭부(240)의 각 전력 증폭기들에 대해 분배한다. 상기 전력 증폭부(240)는 복수의 전력

증폭기들을 포함하고, 상기 분배기(220)에 의해 분배된 신호를 증폭한다. 상기 결합기(260)는 상기 전력 증폭부(240)의 전력 증폭기들에 의해 증폭된 신호들을 결합하여 섹터별 출력 신호들로 복원한다. 상기 복원된 섹터별 출력신호들은 섹터별 안테나들 각각을 통해 송신된다. 이와 같이 본 발명에 의해 제안된 전력 증폭장치는 분배기(220) - 전력 증폭부(240) - 결합기(260)로 이어지는 직렬 구조를 갖는다. 여기서, 상기 전력 증폭부(240)가 N개의 전력 증폭기들로 구성되고 이 전력 증폭부(240)로 M개의 신호가 입력된다(즉, M개의 섹터 입력)고 가정하면, 다음의 <표 1>과 같은 벡터 및 특성 행렬이 정의될 수 있다.

<32> 【표 1】

\underline{x} : 섹터 입력 벡터 (M-by-1)
 \underline{y} : 전력 증폭부(240) 입력 벡터 (N-by-1)
 \underline{z} : 전력 증폭부(240) 출력 벡터 (N-by-1)
 \underline{u} : 섹터 출력 벡터 (M-by-1)
 \underline{v} : 전력 증폭부(240) 잡음 벡터 (N-by-1)
A: 분배기(220) 특성 행렬 (N-by-M)
B: 전력 증폭부(240) 특성 행렬 (N-by-N, Diagonal)
C: 결합기(260) 특성 행렬 (M-by-N)

<33> 상기 <표 1>을 참조하면, 다음의 <표 2>와 같은 관계가 성립한다.

<34> 【표 2】

$$\begin{aligned}
 \underline{y} &= A \underline{x} \\
 \underline{z} &= B \underline{y} + \underline{v} \\
 \underline{u} &= C \underline{z} \\
 \underline{u} &= CBA \underline{x}
 \end{aligned}$$

<35> 상기 <표 2>를 참조하면, 분배기(220)의 출력 벡터 \underline{y} 는 섹터 입력 벡터 \underline{x} 와 분배기(220)의 특성행렬 A의 곱으로 이루어진다. 전력 증폭부(240)의 출력 벡터

\underline{z} 는 전력 증폭부(240)의 특성 행렬 B와 입력 벡터 \underline{y} 의 곱으로 이루어진다. 결합기(260)의 출력인 섹터 출력 벡터 \underline{u} 는 전력 증폭부(240)의 출력 벡터 \underline{z} 와 결합기(260)의 특성행렬 C의 곱으로 이루어진다. 따라서 도 1에 도시된 전력 폴링 장치에서의 전체적인 입출력 관계 $\underline{u} = CBA \underline{x}$ 가 성립한다.

- <36> 상기 도 1에 도시된 바와 같이 분배기(220)와 결합기(260)를 갖는 본 발명의 실시예에 따른 전력 폴링 장치는 다음의 요구 사항들을 만족해야 한다.
- <37> [조건 1]: 여분의 전력 증폭기 구비
- <38> 예기치 않은 전력 증폭기의 고장을 대비해서 여분의 전력 증폭기가 구비되어야 한다. 이 여분의 전력 증폭기는 대기 상태로 있는 것이 아니라 다른 전력 증폭기들과 함께 구동되어야 한다.
- <39> [조건 2] 섹터별 증폭 특성 유지
- <40> 모든 섹터 입력 신호는 원하는 만큼의 증폭도를 가지면서 해당되는 섹터 출력 단으로 출력되어야하는데, 타 섹터 신호에 간섭을 일으키지 않도록 다른 섹터 출력 단으로 새어서는 안 된다.
- <41> [조건 3] 전력 증폭기의 균등 구동
- <42> 섹터별 부하의 불균형에도 불구하고 모든 전력 증폭기들은 동일한 출력 전력을 가지도록 균등하게 구동되어야 한다.
- <43> [조건 4] 결합기의 전력 무손실
- <44> 전력 증폭기들의 출력은 결합기(260)에서의 전력 손실없이 안테나로 전달되어야 한다.

<45> 우선, 본 발명은 [조건 1]을 만족시키기 위해서 전력 증폭기의 수(N) ?? 섹터 수(M)이 되도록 하는 전력 증폭부(240)를 구비한다. 설명의 편의상 섹터 수(M)와 전력 증폭기 수(N)가 같다고 가정하고 상기 요구 사항들을 만족시키기 위한 조건들을 알아보기로 한다. 실제로 전력 증폭기의 수가 섹터 수보다 많은 경우에는 그 차이만큼의 필요없는 섹터들을 입출력으로 부터 제거하면 된다. 여기서, '제거한다'는 것은 후술될 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이 필요없는 섹터들에 대한 입출력 신호들을 접지시키는 것을 의미한다.

<46> 분배기(220)의 특성행렬 A 와 전력 증폭부(240)의 특성행렬 B를 연결한 블록에 대한 행렬 D는 하기 <수학식 1>과 같이 정의될 수 있다.

<47> 【수학식 1】 $D = BA$

<48> α 를 각 전력 증폭기들의 원하는 증폭도라고 가정하면 [조건 2]를 만족하기 위한 전력 증폭 장치의 전체 특성은 $CBA = \alpha I$ 이어야 한다. 그러므로, 상기 <수학식 1>의 D는 하기 <수학식2>와 같다.

<49> 【수학식 2】 $D = \alpha C^{-1}$

<50> [조건 3]을 만족하기 위해서는 섹터 입력신호들간의 상관성이 없다는 조건하에 D의 각 요소들의 크기가 일정하여야 한다. 즉 D의 (i,j)번째 요소를 d_{ij} , 섹터 입력벡터 \underline{x} 의 j 번째 요소의 전력을 P_{x_j} , 전력증폭부(240)의 출력벡터 \underline{z} 의 i번째 요소의 전력을 P_{z_i} 라고 하면, 섹터 입력신호들간의 상관성이 없다는 조건하에서는 다음의 관계

가 성립한다. 이 값이 모든 i ($i=1,2,3,\dots,N$)에 대해 일정하

도록 하기 위해서는 d_{ij} 의 크기가 모든 i, j 에 대해 일정하면 충분하다. 이를 나타내면 하기 <수학식 3>과 같다.

<51> **【수학식 3】** $|d_{ij}| = (const) \text{ for every } i, j$

<52> [조건 4]를 만족하기 위해서는 전력 증폭부(240)의 출력 전력과 결합기(260)의 출력 전력이 동일하여야 한다. 즉, $P_z = P_u$ 으로 전력 증폭부(240)의 출력 벡터 \underline{z} 와 결합기(260)의 출력 벡터 \underline{u} 간에 존재하는 결합기(260)의 특성 행렬 C 가 입출력의 크기(Norm)을 보존해야 한다. 이는 행렬 C 가 Unitary Matrix임을 의미하는 것으로, 이를 나타내면 하기 <수학식 4>와 같다.

<53> **【수학식 4】** $CC^H = I$

<54> 여기서, $(\cdot)^H$ 는 Hermitian (conjugate transpose) 연산자이고, I 는 항등 행렬이다.

<55> 상기 <수학식 4>로부터 $C^{-1} = C^H$ 임을 알 수 있고, 이를 다시 <수학식 2>에 대입하면 $D = \alpha C^H$ 가 됨을 알 수 있다. 따라서 <수학식 3>을 써서 [조건 3]을 만족시키는 대신, 다음의 <수학식 5>와 같이 C 의 각 요소값 C_{ij} 들의 크기가 모든 i, j 에 대해 일정한 값을 가지도록 하여 [조건 3]을 만족시킬 수 있다.

<56> **【수학식 5】** $|c_{ij}| = (const) \text{ for every } i, j$

<57> 즉 결합기(260)의 행렬 C 가 결정되면 <수학식 2>에 의해 D 를 결정할 수 있고 다시 <수학식 1>에 의해 A 를 결정할 수 있다. 만약 B 의 특성이 $B = \alpha I_{N \times N}$ 으로 일정하다면 A 는 <수학식 1>, <수학식 2>에 의해 하기 <수학식 6>으로 결정된다. 여기서 $I_{N \times N}$ 는 N-by-N 항등행렬을 의미한다.

<58> **【수학식 6】**
$$A = C^{-1}$$

<59> 이렇게 얻어진 분배기 행렬 A 는 상기 이상적 전력 증폭기 조건하에 [조건 2]를 만족한다.

<60> 한편, 도 2의 안테나단에서 다음과 같은 상황들이 고려될 필요가 있다. 결합기(260)로부터의 섹터 출력들은 급전 케이블을 통해 안테나로 급전된다. 그러므로 결합기(260)의 출력 순서가 바뀐다고 해도 결합기(260)와 안테나간의 급전 케이블의 연결을 적당히 조정함으로써 원하는 섹터 출력을 원하는 안테나로 급전할 수 있을 것이다. 또한, 급전 케이블의 길이가 균일하지 않으므로 급전선 길이의 차에 의한 위상 변화가 섹터 출력 사이에 발생할 수 있다. 그러나 결합기(260) 이후 섹터 출력 신호에 위상 변화가 일어나도 전력 풀링 성능에는 문제가 없다.

<61> 상기와 같이 상황들을 고려하면, 상기 [조건 2]에 의한 전력 풀링 전체 특성 $CBA = \alpha I$ 의 관계는 다음의 <수학식 7>과 같이 보완되어 진다.

<62> **【수학식 7】**
$$CBA = \alpha QPI$$

<63> 여기서 P 는 상기 위상 변화에 대한 보상 행렬이고, Q 는 상기 출력 순서의 변화에 대한 보상 행렬이다. 상기 행렬 P 는 하기 <수학식 8>과 같이 나타낼 수 있다. 상기 출력 순서의 변

화를 보상하기 행렬 $Q = \text{Permutation of Columns of } \{I\}_{M \times M}$ 이다. 예를 들어, $M=4$ 인 경우
상기 행렬 Q 는 하기 <수학식 9>와 같이 나타낼 수 있다.

<64>

$$P = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & e^{j\theta_M} \end{bmatrix}, \quad (0 \leq \theta_1, \dots, \theta_M < 2\pi)$$

【수학식 8】

<65>

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【수학식 9】

<66>

요약하자면, <수학식 4>, <수학식 5>, <수학식 7>은 안테나단에서의 위상 변화 및 출력
순서의 변화를 보상한 형태의 전력 풀링 조건을 나타낸다. 상기 전력 풀링 조건들을 동시에 만
족시키는 분배기(220) 행렬 A 및 결합기(260) 행렬 C 각각의 크기가 일정하며, 이들은 Unitary
Matrix를 구성한다. 예를 들면, 상기 분배기(220) 행렬 A 및 결합기(260) 행렬 C 는 하기 <수학
식 10>과 <수학식 11>과 같은 행렬 X , Y 로 구성할 수 있다.

<67>

$$X = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -j & -1 \\ -j & -1 & 1 & -j \\ -j & 1 & -1 & -j \\ -1 & -j & -j & 1 \end{bmatrix}$$

【수학식 10】

<68>

$$Y = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -1 & -j & -j & 1 \\ -j & 1 & -1 & -j \\ -j & -1 & 1 & -j \\ 1 & -j & -j & -1 \end{bmatrix}$$

【수학식 11】

<69>

다시 도 2를 참조하면, 전력 증폭부(240)의 특성이 $B = \alpha I_{4 \times 4}$ 로서 일정할 경우, (X, X), (X, Y), (Y, X), (Y, Y)쌍은 모두 상기 전력 증폭장치의 요구 사항들을 만족시키는 분배기 및 결합기 행렬쌍 (A, C)의 예가 될 수 있다. 이와 같이 분배기 및 결합기의 행렬쌍을 구한 다음에는 이미 언급한 바와 같이 [조건 1]을 만족시키기 위해 사용하지 않는 섹터들에 해당하는 입출력 단자를 제거할 필요가 있다.

<70>

B. 실시 예들

<71>

상기 <수학식 4>, <수학식 5>, <수학식 6>에 나타난 바와 같은 전력 풀링 조건을 만족시키는 전력 풀링 장치를 구현함에 있어서, 실제로 가장 중요한 것은 <수학식 10>, <수학식 11>에 나타난 바와 같은 분배기 행렬 및 결합기 행렬을 어떻게 분배기 및 결합기 회로로서 실현하느냐는 것이다. 이러한 본 발명의 실시예가 다음과 같은 순서로 설명될 것이다. 먼저, 본 발명의 원리에 따른 전력 풀링장치를 구성하는 분배기/결합기의 구현을 위한 3dB 커플러가 설명될 것이다(도 3 참조). 다음에, 본 발명의 실시예에 따른 분배기/결합기의 구성 예들이 설명될 것이다(도 4, 도 5 참조). 그 다음에, 본 발명의 분배기/결합기를 포함하는 전력 풀링장치의 구성 예들이 설명될 것이다(도 6, 도 7 참조). 그 다음에, 본 발명의 실시예에 따른 적응 방식의 전력풀링 장치의 구성이 설명될 것이다(도 8 ~ 도 13 참조). 마지막으로, 본 발명의 실시예에 따른 전력 풀링 장치에 대해 행해진 실험 결과들이 설명될 것이다(도 14a ~ 도 14d 참조).

<72> 도 3은 도 2에 도시된 분배기/결합기의 구현을 위한 3dB 커플러의 블록도를 나타내는 도면이다. 이 도면에 도시한 바와 같이 분배기 및 결합기 회로 구현에 있어서 가장 기본적인 구성 요소는 두 개 입력 단자와 두 개 출력 단자를 갖는 커플러이다.

<73> 상기 도 3의 (a)를 참조하면, 3dB 커플러는 입력 단자들중 임의의 하나의 단자에 신호가 인가될 때, 또 다른 입력 단자로는 상기 입력 신호가 출력되지 않도록 하고, 두 개의 출력 단자들에 입력 전력이 이등분된 상기 입력 신호를 출력하는 장치이다. 이때 상기 두 개 출력들 사이에는 일정량만큼의 위상 차이가 있는데, 그 위상차이가 얼마냐에 따라 여러 종류의 커플러가 존재한다. 대표적으로 상기 위상 차이가 90° 일 경우 90° 커플러, 180° 일 경우 180° 커플러라고 한다. 본 발명의 실시 예에서는 상기 3dB 커플러가 90° 커플러인 것으로 설명될 것이나, 180° 커플러를 써도 동일한 구현이 가능하다. 상기 90° 커플러의 특성행렬 G 는 하기 <수학식 12>와 같이 나타낼 수 있다.

<74>

$$G = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -j \\ -j & 1 \end{bmatrix}$$

【수학식 12】

<75> 입력이 $\underline{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$ 이고 상기 특성 행렬 G 를 통과한 출력이 \underline{b} 라고 할 때, 출력 $\underline{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = G\underline{a} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_1 - ja_2 \\ -ja_1 + a_2 \end{bmatrix}$ 가 된다. 상기 입력과 출력이 서로 상관관계가 없다고 가정할 때, 입력에 대한 출력의 크기는 $|a_1|^2 + |a_2|^2$ 로서 b 의 각 성분의 크기가 같음을 알 수 있다. 즉, 상기 설명한 90° 3dB 커플러의 특징을 만족함을 알 수 있다. 이러한 3dB 커플러는 회로 기판 상에 마이크로스트립 라인(Micro-strip line)으로 구현되며, 선로의 특성 임피던스와 길이를 조정함으로써 상기 <수학식 12>와 같은 3dB 커플러를 구현할 수 있다.

<76> 상기 3dB 커플러를 나타내는 블록도가 도 3b에 도시되어 있다. 여기서, p , q 는 그림에서 도시된 해당 경로를 지날 때 겪게 되는 위상 지연을 나타낸다. 90° 3dB 커플러의 경우 $p = 0^\circ$, $q = 90^\circ$ 가 된다.

<77> 도 4는 도 2에 도시된 분배기/ 결합기의 구성을 도시하는 도면이다.

<78> 상기 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 분배기/결합기는 두 개의 커플러들이 병렬로 연결되어 구성된 커플러 스택들(Coupler Stack)(420,460)과, 스위칭 회로(Switching Network)(440)가 반복적으로 직렬 연결되어 구성된다. 커플러 스택(420)은 커플러(422)와 커플러(424)가 병렬 연결되어 구성되고, 커플러 스택(460)은 커플러(462)와 커플러(464)가 병렬 연결되어 구성된다.

<79> 제1 커플러(422)는 제 1입력신호와 제 2입력신호를 커플링하여 제 1출력신호 및 제 2출력신호를 발생한다. 제2 커플러(424)는 제 3입력신호와 제4입력신호를 커플링하여 제 3출력신호 및 제 4출력신호를 발생한다. 제3 커플러(462)는 제 5입력신호와 제 6입력신호를 커플링하여 제 5출력신호 및 제 6출력신호를 발생한다. 제4 커플러(464)는 제 7입력신호와 제 8입력신호를 커플링하여 제 7출력신호 및 제 8출력신호를 발생한다. 스위칭 회로(440)는 상기 제 1출력신호를 상기 제 5입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 2출력신호를 상기 제 7입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 3출력신호를 상기 제 6입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 4출력신호를 상기 제 8입력신호로 제공되도록 연결한다.

<80> 상기한 도 4는 <수학식 10>에 나타낸 X행렬을 이용하여 구현한 분배기 또는 결합기의 실시예를 나타내고 있다. 이러한 실시예는 도 2의 분배기(220) 및 결합기(260)를 구성할 수 있다.

<81> 3dB 커플러에 의해 구현될 수 있는 커플러(422,424)의 특성 행렬은 이미 살펴본 바와 같이 $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -j \\ -j & 1 \end{bmatrix}$ 이므로, 상기 커플러(422,424)를 병렬로 연결하여 구성되는 상기 커플러 스택(420)의 특성행렬 X_a 는 하기 <수학식 13>과 같이 나타내어진다. 상기 커플러 스택(460)의 특성행렬 X_c 도 마찬가지이다. 스위칭 회로(440)의 특성 행렬 $\{X\}_b$ 는 하기 <수학식 14>와 같이 나타내어진다.

<82>

$$X_a = X_c = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -j & 0 & 0 \\ -j & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -j \\ 0 & 0 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

【수학식 13】

<83>

$$X_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【수학식 14】

<84> 따라서, 상기 <수학식 13> 및 <수학식 14>에 의해 구해지는 행렬, 즉 도 4에 도시된 분배기 또는 결합기에 대한 전체 특성 행렬은 $X = X_c X_b X_a$ 로 <수학식 10>이 됨을 알 수 있다.

<85> 도 5는 도 2에 도시된 분배기/결합기의 구성을 도시하는 도면이다.

<86> 상기 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 분배기/결합기는 두 개의 커플러들이 병렬로 연결되어 구성된 커플러 스택들(520,560)과, 스위칭 회로(540)가 반복적으로 직렬 연결

되어 구성된다. 커플러 스택(520)은 커플러(522)와 커플러(524)가 병렬 연결되어 구성되고, 커플러 스택(560)은 커플러(562)와 커플러(564)가 병렬 연결되어 구성된다.

<87> 제1 커플러(522)는 제 1입력신호와 제 2입력신호를 커플링하여 제 1출력신호 및 제 2출력신호를 발생한다. 제2 커플러(524)는 제 3입력신호와 제4입력신호를 커플링하여 제 3출력신호 및 제 4출력신호를 발생한다. 제3 커플러(562)는 제 5입력신호와 제 6입력신호를 커플링하여 제 5출력신호 및 제 6출력신호를 발생한다. 제4 커플러(564)는 제 7입력신호와 제 8입력신호를 커플링하여 제 7출력신호 및 제 8출력신호를 발생한다. 스위칭회로(540)는 상기 제 1출력신호를 상기 제 8입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 2출력신호를 상기 제 6입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 3출력신호를 상기 제 7입력신호로 제공되도록 연결하며, 상기 제 4출력신호를 상기 제 5입력신호로 제공되도록 연결한다.

<88> 상기 커플러 스택들(520,560)의 각 특성 행렬 Y_a 와 Y_c 는 X_a 와 X_c 의 특성행렬을 나타내는 <수학식 14>와 같고, 블록 Y_b 의 특성 행렬은 하기 <수학식 15>와 같다.

<89>

$$Y_b = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

【수학식 15】

<90> 따라서 상기 분배기 또는 상기 결합기의 전체 특성행렬은 $Y = Y_c Y_b Y_a$ 가 되므로 <수학식 11>이 됨을 알 수 있다.

<91> 도 6은 본 발명의 전력 풀링장치의 구성을 나타내고 있다. 상기 도 4에 도시된 바와 같이 <수학식 10>의 X 행렬로 분배기(620)를 구성하고 상기 도 5에 도시된 바와 같이 <수학식

11>의 Y행렬로 결합기(660)를 구성하는 전력 폴링장치를 나타내고 있다. 즉 상기 분배기(620) 및 상기 결합기(660)의 특성을 나타내는 행렬 쌍을 (X,Y)로 구성한 예이다. 이때 전력 증폭기의 수 $N = 4$ 이고, 섹터 수 $M = 3$ 이다.

<92> 상기 도 6을 참조하면, 각 섹터별 입력신호들 α , β , γ 는 분배기(620)로 입력된다. 상기 분배기(620)로 입력된 신호는 상기 분배기(620) 내부의 커플러로 입력된다. 즉 입력신호 α 와 β 는 커플러(622)에서 커플링되어 후단 커플러들(624,628)로 입력된다. γ 성분의 신호는 커플러(626)를 통해 커플링된 뒤, 후단 커플러들(624,628)로 제공된다. 즉 커플러(622)의 제1 출력신호는 후단 커플러(624)의 제1 입력신호로 제공되고 제2출력신호는 후단 커플러(628)의 제1 입력신호로 제공된다. 커플러(626)의 제1 출력신호는 후단 커플러(624)의 제2 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(628)의 제2 입력신호로 제공된다. 상기 후단 커플러들(624,628)에서는 각각의 입력 신호성분들을 커플링하여 출력한다. 상기 분배기(620)의 후단 커플러들(624,628)을 통해 출력된 신호들(y_1, y_2, y_3, y_4)은 균등한 전력 레벨을 가지는 신호들이다. 상기 커플러(624)의 제1 출력 신호(y_1) 및 제2 출력신호(y_2), 상기 커플러(628)의 제1 출력신호(y_3) 및 제2 출력신호(y_4)는 전력 증폭부(640)의 각 전력증폭기들로 입력되어 각각 전력 증폭된 신호로서 출력된다.

<93> 상기 증폭부(640)의 각 증폭기의 출력신호 $Z = [z_1, z_2, z_3, z_4]$ 는 결합기(660)로 입력된다. 상기 결합기(660)로 입력되는 신호들중 Z_1 과 Z_2 는 커플러(662)로 입력되고 Z_3 와 Z_4 는 커플러(666)로 입력되어 커플링된다. 즉 커플러(662)의 제1 출력신호는 후단 커플러(668)의 제2 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(664)의 제2 입력신호로 제공된다. 커플러(666)의 제1 출력신호는 후단 커플러(668)의 제1 입력신호로 제공되고 제2 출력신

호는 후단 커플러(664)의 제1 입력신호로 제공된다. 상기 후단 커플러들(664,668)은 상기 입력되어진 신호들을 커플링하여 커플링된 신호($u1=\alpha$, $u2=\beta$, $u3=\gamma$, $u4=0$)로서 출력한다. 상기 분배기(620), 상기 증폭부(640), 상기 결합기(660)를 통해 나온 출력은 상기 [조건1] ~ [조건4]를 만족하게 되는데 이에 대한 보다 구체적인 설명은 후술하는 도 7의 설명으로부터 명확해질 것이다.

<94> 도 7은 본 발명의 또 다른 전력 폴링장치의 구성을 나타내고 있다. 상기 도 4에 도시된 바와 같이 <수학식 10>의 X 행렬만으로 분배기(720) 및 결합기(740)를 구성하는 전력 증폭장치를 나타내고 있다. 즉 상기 분배기(720) 및 상기 결합기(760)의 특성을 나타내는 행렬쌍을 (X,X)로 구성한 예이다. 이때 전력 증폭기의 수 $N = 4$ 이고, 섹터 수 $M = 3$ 이다.

<95> 상기 도 7을 참조하면, 각 섹터별 입력신호들 α , β , γ 는 분배기(720)로 입력된다. 상기 분배기(720)로 입력된 신호는 상기 분배기(720) 내부의 커플러로 입력된다. 즉 입력신호 α 와 β 는 커플러(722)에서 커플링되어 후단 커플러들(724,728)로 입력된다. γ 성분의 신호는 커플러(726)를 통해 커플링된 후 후단 커플러들(724,728)로 입력된다. 즉 커플러(722)의 제1 출력신호는 후단 커플러(724)의 제1 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(728)의 제1 입력신호로 제공된다. 커플러(726)의 제1 출력신호는 후단 커플러(724)의 제2 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(728)의 제2 입력신호로 제공된다. 상기 후단 커플러들(724,728)에서는 각각의 입력신호 성분들을 커플링하여 출력한다. 상기 분배기(720)의 후단 커플러들(724,728)을 통해 출력된 신호들($y1, y2, y3, y4$)은 균등한 전력 레벨을 가지는 신호들이다. 상기 커플러(724)의 제1 출력신호($y1$) 및 제2 출력신호($y2$), 상기 커플러(728)의

제1 출력신호(y3) 및 제2 출력신호(y4)는 전력 증폭부(740)의 각 전력증폭기들로 입력되어 각각 전력 증폭된 신호로서 출력된다.

<96> 상기 증폭부(740)의 각 증폭기의 출력 신호 $z = [z_1, z_2, z_3, z_4]$ 는 상기 결합기(760)로 입력된다. 상기 결합기(760)로 입력되는 신호들중 $\{z\}_{1}$ 과 $\{z\}_{2}$ 는 커플러(762)로 입력되고 $\{z\}_{3}$ 와 $\{z\}_{4}$ 는 커플러(766)로 입력되어 커플링된다. 즉 커플러(762)의 제1 출력신호는 후단 커플러(764)의 제1 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(768)의 제1 입력신호로 제공된다. 커플러(766)의 제1 출력신호는 후단 커플러(764)의 제2 입력신호로 제공되고 제2 출력신호는 후단 커플러(768)의 제2 입력신호로 제공된다. 상기 후단 커플러들(764, 768)은 상기 입력되어진 신호들을 커플링하여 커플링된 신호($u_1=0$, $u_2=\alpha$, $u_3=\beta$, $u_4=\gamma$)로서 출력한다. 상기 분배기(720), 상기 증폭부(740), 상기 결합기(760)을 통해 나온 출력은 상기 [조건 1] ~ [조건 4]를 만족하는데, 이를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

<97> 전술한 도 7은 전력 증폭부(740)가 일정한 증폭도 α 를 가지고 그 증폭특성은 $B = \alpha I_{4 \times 4}$ 로 가정하였을 때, 상기 분배기(720) 및 상기 결합기(760)의 행렬 쌍을 <수학식 10>을 갖는 (X, X) 로 택하여 구성한 전력 증폭 장치를 나타낸다. 섹터 입력 벡터가 $\underline{x} = [\alpha \ \beta \ \gamma \ \delta]^T$ ($\delta=0$) 일 경우, 전력 증폭부(740)의 입력 벡터 $\underline{y} = X\underline{x}$ 이다. 그러므로 <수학식 10>의 행렬 X 를 여기에 대입하면 하기 <수학식 16>과 같다.

<98>

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \alpha - j\beta - j\gamma \\ -j\alpha - \beta + \gamma \\ -j\alpha + \beta - \gamma \\ -\alpha - j\beta - j\gamma \end{bmatrix}$$

【수학식 16】

<99> 여기서 y 의 각요소들의 전력은 이미 앞서서 언급한 바와 같이 각 섹터 입력 신호간에는 상관성이 없다고 가정하였으므로 모두 $\frac{1}{4} (|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2)$ 로서 동일하게 된다. 즉, 섹터 입력 신호의 전체 전력 $(|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2)$ 이 네 개의 전력 증폭기들에 균일하게 분배된다. 비록 섹터 입력 신호간에 크기의 불균형이 있더라도(예를 들어 $|\alpha|^2 > |\beta|^2 > |\gamma|^2$) 상기 분배기(720)를 거치고 나서 전력 증폭부(740)의 각 전력 증폭기들에 입력되는 신호들의 전력은 동일하다. 그러므로 전력 증폭기의 균등 증폭 조건인 [조건 3]이 만족된다.

<100> 상기 전력 증폭부(740)의 특성이 $B = \alpha I_{4 \times 4}$ 으로 일정하다고 가정하였을 때, 상기 증폭부(740)에서 나오는 출력을 계산하면 하기 <수학식 17>과 같다.

<101>

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix} = B y = \alpha I \cdot y = \frac{1}{2} \alpha \begin{bmatrix} \alpha - j\beta - j\gamma \\ -ja - \beta + \gamma \\ -ja + \beta - \gamma \\ -\alpha - j\beta - j\gamma \end{bmatrix}$$

【수학식 17】

<102> 상기 도 7에 도시된 바와 같이 상기 분배기(720) 및 상기 결합기(760)의 행렬 쌍을 (X, X)로 택하여 전력 폴링 장치를 구현한 경우 상기 결합기(760)를 거쳐 나온 최종 출력단으로부터 출력되는 신호는 하기 <수학식 18>과 같다.

<103> 【수학식 18】

$$u = C_z = C \frac{1}{2} \alpha \begin{bmatrix} \alpha - j\beta - j\gamma \\ -ja - \beta + \gamma \\ -ja + \beta - \gamma \\ -\alpha - j\beta - j\gamma \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \alpha \begin{bmatrix} 1 & -j & -j & -1 \\ -j & 1 & 1 & -j \\ -j & 1 & -1 & -j \\ -1 & -j & -j & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \alpha - j\beta - j\gamma \\ -ja - \beta + \gamma \\ -ja + \beta - \gamma \\ -\alpha - j\beta - j\gamma \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 0 \\ -\gamma \\ -\beta \\ -\alpha \end{bmatrix}$$

<104> 그리고, 본 발명의 실시예에 따른 전력 폴링장치의 출력단에서의 위상 변화 및 섹터간 출력 순서의 변화를 고려한 상기 전력 폴링장치의 전체 특성은 하기 <수학식 19>와 같이 된다

<105>

$$CBA = \alpha \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \alpha QPI$$

【수학식 19】

<106> 상기 <수학식 19>에서,

<107>

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ 이고, } P = \begin{bmatrix} e^{j\pi} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\pi} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\pi} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\pi} \end{bmatrix}$$

<108> 이다.

<109> 따라서 상기 <수학식 19>는 상기 <수학식 7>을 만족하므로, 완화된 형태로 상기 [조건 2]를 만족함을 알 수 있다. 정리하자면 도 7과 같이 전력 폴링장치를 구성했을 때 (3sector system, 4 Power amplifier), 3섹터의 입력(M=3)에 4개의 전력증폭기(N=4)가 존재한다. 이때 사용하지 않는 입출력단은 접지된다. 그러므로 상기 도 7과 같은 전력 폴링장치는 상기 [조건 1]을 만족하고, $CBA = \alpha QPI_{4 \times 4}$ 으로서 상기 [조건 2]를 만족하고, 모든 i, j에 대해 $|c_{ij}| = (const)$ for every i, j 으로서 상기 [조건 3]을 만족하고, $CC^H = I$ 으로서 상기 [조건 4]를 만족하므로, 앞서 제시한 전력 폴링 장치의 제반 요구조건들을 모두 만족함을 알 수 있다.

<110> 전술한 바와 같은 설명은 도 7에 도시된 본 발명의 또 다른 전력 폴링장치가 <수학식 10>에 나타낸 바와 같이 행렬 쌍 (X, X) 를 이용함으로써 [조건 1] ~ [조건 4]를 만족한다는 사실을 증명하기 위함이다. 이러한 결론은 도 6에 도시된 본 발명의 전력 폴링장치가 <수학식 10>과 <수학식 11>에 나타낸 바와 같이 행렬 쌍 (X, Y) 를 이용함으로써 [조건 1] ~ [조건 4]를 만족한다는 결론에도 동일하게 적용될 수 있을 것이다

<111> .

<112> 상술한 전력폴링 장치에 관한 실시예들은 전력 증폭부의 전달 특성 행렬 B 가 이상적이라는 조건 하에서 적용된다. 그러나 전력 증폭부의 전달 특성 행렬 B 가 이상적이지 않을 경우는 문제가 있게 된다. 즉, 실제 전력 증폭부는 증폭 특성이 균일하지 못하여, 크기 및 위상 특성이 시스템에 따라 차이를 보인다. 또한 운전 중 고장이 날 수도 있고, 선형 전력 증폭기(LPA, Linear Power Amp)의 경우 이득 선형화를 하는 과정에서 잡음이 낄 수도 있으므로 이런 동적 환경 하에서 상술한 실시예들을 적용하기 어렵다. 또한, 전력 증폭부 전후단에 부착되는 분배기와 결합기가 모두 특성이 고정된 수동 소자들이므로 전력 증폭부의 증폭 특성의 변화가 있을 경우 이를 적절히 보상해 주지 못하게 된다.

<113> 따라서 이하에서 이상적인 전력 폴링장치가 아닌 현실적인 전력 폴링장치에 대한 모델을 분배기-증폭기-결합기의 직렬 구조에 도입한다.

<114> 본 발명에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치는

- <115> 복수의 입력 신호들을 제공되는 특성행렬에 따라 커플링하고, 전력 레벨이 균등하게 분배된 신호들을 출력하는 분배기와,
- <116> 복수의 전력 증폭기들을 구비하고, 상기 전력 증폭기들 각각은 상기 전력 분배된 신호들 각각을 전력 증폭하는 전력 증폭부와,
- <117> 상기 전력 증폭된 신호들을 상기 복수의 입력 신호들과 동일한 형태로 전력이 분배된 신호들로 결합하여 출력하는 결합기와,
- <118> 제 k시점에서 상기 분배기의 입력 신호들과, 상기 전력 증폭부의 입력 신호들과, 상기 결합기 출력 신호들을 입력하고, 이들을 이용하여 상기 제1시간 구간에서의 상기 전력 증폭부의 특성행렬 또는 상기 결합기 특성행렬을 추정하고, 상기 추정된 특성행렬에 따라 상기 제 k 시점 다음의 제 k+1시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 제공하는 적응신호 처리부를 포함한다.
- <119> 도 8은 본 발명의 원리에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치를 포함하는 안테나 시스템의 구성을 도시하는 도면이다.
- <120> 상기 도 8을 참조하면, 본 발명의 원리에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치는 분배기(830), 전력증폭부(850)와 결합기(860)의 직렬 구조에 적응신호처리부(Adaptive Signal Processor)(800), 신호발생부(Signal Generator)(820), 중간 주파수 경로(IF 경로)(840), 피드백 경로부(Feedback Path)(880)를 더 구비한다. 상기 도 8에서 γ 는 전력 증폭부 잡음벡터를 의미한다.

<121> 상기 적응 신호 처리부(800)은 신호 발생기(820)의 출력신호들과, 상기 분배기(830)의 출력신호들과, 상기 전력증폭부(850)의 출력신호들과, 상기 결합기(860)의 출력 신호들을 입력 신호로 받는다. 상기 적응 신호 처리부(800)은 후술하는 적응 알고리즘을 이용하여 상기 분배기(830)에 제어 행렬($\{A\}_k$) 값을 제공한다. 상기 신호 발생부(820)는 각 섹터 별로 독립적인 디지털 신호를 각각 발생시키고 이 신호들로 이루어진 섹터 입력 벡터 x 를 출력한다. 여기서 신호 방식은 주파수 분할 다중 접속(FDMA), 시분할 다중 접속(TDMA), 부호분할 다중 접속(CDMA)등 모두 가능하다. 상기 분배기(830)는 상기 섹터 입력 벡터를 받아 이 값과 이전 단계에서 적응 신호 처리부(800)이 계산 및 출력한 분배기 특성 행렬값을 곱하여 분배기(830)의 출력신호들로 이루어진 출력벡터 y 를 출력한다. 상기 도 8에서 IF경로(840)는 디지털 아날로그 변환기(Digital Analog Converter)와 주파수 상향 변환기(Frequency Up Converter)로 이루어져 있다(도면에 도시하지 않음). 상기 IF경로는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 경로이다. 상기 도 8에서 분배기(830)의 출력 벡터 y 는 IF경로(840)를 거쳐 고주파수 아날로그(RF Analog) 신호인 전력 증폭부 입력 신호들로 이루어진 전력 증폭부 입력벡터 y' 이 되는데, 이때 크기와 위상에 관하여는 상기 y 와 y' 가 같다고 놓아도 상관없다. 왜냐하면 상기 y 와 y' 의 크기와 위상이 서로 달라도, 이는 바로 뒷단의 전력 증폭부(850)의 특성 변화로 돌리면 된다. 따라서 이하 설명에서 상기 전력증폭부(850)의 입력벡터라 함은 y 또는 y' 를 의미한다. 상기 전력 증폭부(850)는 상기 전력증폭부 입력벡터 y 를 일정량만큼 증폭시켜 전력증폭부 출력신호들로 이루어진 전력증폭부 출력벡터 z 로 출력한다. 상기 결합기(860)은 상기 전력 증폭부 출력벡터를 결합하여 섹터 출력 신호들로 이루어진 섹터출력벡터 u 를 출력한다. 상기 섹터 출력 벡터는 안테나(870)을 통해 각 섹터별로 출력된다. 상기 피드백 경로부(880)는 고주파수(RF) 아날로그신호인 z , u 를 각각 기저대역 디지털 신호로 변환하

여 상기 적응신호 처리부(800)로 입력한다. 상기 적응 방식의 전력풀링 장치는 전력 풀링을 위한 최적의 분배, 결합 특성을 가진 분배기, 결합기를 적응 알고리즘에 의해 구하는 구조를 갖게 된다.

<122> 본 발명의 원리에 따른 적응방식의 전력 풀링 장치도 상기 [조건 3]과 [조건 4]를 만족하도록 상기 <수학식 1>내지 상기 <수학식 5>를 적용한다. 결합기(860)의 특성행렬 C는 상기 <수학식 4>와 상기 <수학식 5>를 만족하도록 선택하면 된다. 상기 결합기(860) 특성 행렬 C가 결정되면, 상기 <수학식 2>에 의해 D를 결정할 수 있고 다시 상기 <수학식 1>에 의해 A를 결정할 수 있다. 그런데 B의 특성이 변하기 쉬우므로 B의 특성을 매 시점마다 추정할 필요가 있다. B의 특성이 결정되면 A는 상기 <수학식 1>과 상기 <수학식 2>에 의해 하기 <수학식 20>에 의해 결정된다.

<123>

$$\text{【수학식 20】} \quad A = \alpha B^{-1} C^{-1}$$

<124> 이렇게 얻어진 분배기 행렬 A는 상기 [조건 2]를 만족하도록 분배기를 제어하는 전달 특성 행렬이 된다. 마지막으로 [조건 1]을 만족시키기 위해 사용하지 않는 섹터들에 해당하는 입출력 단자는 제거한다. 이때, 사용하지 않는 섹터에 대한 입출력 단자를 제거함으로써 상기 분배기 특성 행렬 A 및 결합기 특성 행렬 C는 원래의 N-by-M 분배기 행렬 A와 M-by-N결합기 행렬로 환원되므로 상기 <수학식 20>이 하기 <수학식 21>로 수정되어야 한다. 따라서 상기 분배기 행렬 A는 하기 <수학식 21>에 의해 구해진다.

<125>

$$\text{【수학식 21】} \quad A = \alpha B^{-1} C^{+}$$

<126>

상기 <수학식 21>에서 $(\cdot)^+$ 은 의사 역(Pseudo-inverse)연산자이다. 상기 의사 역 연산자는 행렬의 열(Row)수 보다 행(Colum)수가 많을 경우 하기 <수학식 23>로 계산된다. 본 명세서에서는 상기 $(\cdot)^+$ 형태의 행렬은 의사 역행렬이라 정의한다.

<127>

만약 k번째 시점의 각 단에서의 특성행렬을 고려하면, 상기 <수학식 20> 및 <수학식 21>에 의해 k번째 시점에서의 분배기 특성행렬 A_{K+1} 은 하기 <수학식 22>에 의해 구해진다.

<128>

$$A_{k+1} = a B^{-1}_k C^{-1}_k \text{ or } A_{k+1} = a B^{-1}_k C^+_k$$

【수학식 22】

<129>

즉 <수학식 20>에 의해 k번째 시점에서의 분배기 특성행렬 A_{K+1} 은 $A_{k+1} = a B^{-1}_k C^{-1}_k$ 로 정해 지지만, 역 연산자는 행렬의 열(Row)수 보다 행(Colum)수가 많을 경우 k번째 시점에서의 분배기 특성행렬 A_{K+1} 은 $A_{k+1} = a B^{-1}_k C^+_k$ 로 구해짐을 알수 있다.

<130>

이하 설명에서 분배기 제어 행렬이라 함은 입력 신호를 균등하게 분배하기 위한 k번째 시점의 분배기 특성 행렬을 의미하며 차기 분배기 제어 행렬이라 함은 k+1시점에서의 분배기 특성 행렬을 의미한다.

<131>

하기 <수학식 23>은 상기 의사 역 연산자의 계산식이다.

<132>

$$C^+ = C^H (C C^H)^{-1}$$

【수학식 23】

- <133> 상기 <수학식 23>에서 $(\cdot)^H$ 는 Hermitian(Conjugate Transpose)연산자이다.
- <134> 상기 [조건 1]부터 [조건 4]를 만족시키는 본 발명에 의한 적응 전력 폴링 방법을 단계 별로 정리하면, 다음과 같다.
- <135> 단계 1 : 섹터 수보다 1개 이상 많은 전력 증폭부 증폭기 수를 결정하여 상기 [조건 1] 을 만족시킨다.
- <136> 단계 2 : $CC^H = I$ 이고 $|C_{ij}| = (\text{const})$ 인 결합기 특성 행렬 C를 결정하여 상기 [조건 3]과 상기 [조건 4]를 만족시킨다.
- <137> 단계 3 : 전력 증폭부 특성 행렬 B를 추정한다.
- <138> 단계 4 : 상기 <수학식 22> 에 의해 분배기 행렬 A를 결정하고 다시 단계 3으로 가서 반복함으로써 상기 [조건 2]를 만족시킨다.
- <139> 상기 단계 3과 단계4는 각각 추정단계와 제어단계로 볼 수 있다. 이를 통해 본 발명이 제시하는 적응 방식의 전력 폴링 알고리즘은 수시로 전력 증폭부 전달 특성 행렬을 추정하고 이를 기반으로 원하는 조건들을 만족시키기 위해 분배기 전달 특성 행렬값을 적응시키는 과정의 반복으로 볼 수 있다. 즉 k번째 시점의 전력 증폭부 전달 특성 행렬을 추정하여 k+1번째 시점의 분배기 전달 특성 행렬 값을 구하고 k번째 시점의 특성 행렬을 k+1번째 전달 특성 행렬로 갱신하고, k+1번째 시점에서는 갱신된 특성 행렬을 이용하여 입력 신호들을 분배한다. 여기서 결합기가 수동 소자로 구현될 경우 특성이 능동 소자로 구현되는 전력 증폭부에 비해 시간에 따라 특성 변화가 심하지는 않지만 온도나 주위 환경에 따라 장기적으로 변할 수도 있으므로

보다 정확한 전력 폴링을 위해 결합기 특성 행렬 C도 추정할 필요가 있다. 이때 C를 추정하는 과정도 단계 3에 포함시킬 수 있다.

<140> 이하에서 본 발명에서 제시하는 전력 증폭부 전달 특성 행렬 B와 결합기 전달 특성 행렬 C를 추정하는 방법에 대해 설명한다. 시간에 따른 추이를 나타내기 위해 시간 인덱스(time index) k를 각 변수들의 아랫 첨자로 붙이기로 한다.

<141> 전력 증폭부 전달 특성 B_K 는 전력 증폭부 입출력 벡터 $\mathbf{y}_k = [y_{1,k}, \dots, y_{N,k}]$ 와 $\mathbf{z}_k = [z_{1,k}, \dots, z_{N,k}]$ 로부터 추정할 수 있는데, 시스템 구성 상 $B_K = \text{diag}(b_{1,k}, \dots, b_{N,k})$ 으로서 대각선행렬(Diagonal Matrix)이므로 각 전력 증폭기 특성 $b_{1,k}, \dots, b_{N,k}$ 을 따로 분리해서 추정할 수 있다. 추정 방법은 현재와 과거의 모든 전력 증폭부 입출력 값들을 이용하여 최소 자승적으로 최적인 전력 증폭부 특성을 찾는 최소 자승법(Least Squares Method)를 쓴다. 특히, 현재의 환경에 적응하는 추정치를 얻기 위해 망각 상수를 갖는 재귀적 최소 자승법(RLS; Recursive Least Squares Method)를 쓴다. 여기서 최소 자승법이란 일반적으로 신호처리분야에 있어서 잘 알려진 최적화 방법이다. (참조 문헌 HAYKIN "Adaptive Filter Theory" Prentice Hall 1991) 전력 증폭부의 각 i번째 증폭기의 k번째 시점에서의 추정치 $b_{i,k}$ 에 대해 비용 함수 $G(\{b\}_{i,k})$ 를 하기 <수학식 24>와 같이 나타낼 수 있다.

<142>

$$G(b_{i,k}) = \sum_{j=1}^k \lambda^{k-j} |z_{i,j} - b_{i,k} y_{i,j}|^2$$

【수학식 24】

<143>

상기 비용함수를 최소화시키는 $b_{i,k}$ 를 구하기 위해 상기 재귀적 최소 자승법을 이용한다. 이렇게 구해진 $b_{i,k}$ 값으로 분배기의 대각행렬의 각 요소의 값을 알수 있다.

<144>

$$b_{i,k} = b_{i,k-1} = (z_{i,k} - b_{i,k} y_{i,k}) y_{i,k}^* \frac{1}{P_{i,k}}$$

$$P_{i,k} = \lambda P_{i,k-1} + |y_{i,k}|^2$$

【수학식 25】

<145>

상기 <수학식 25>에서 $b_{i,0} = \tilde{b}_i$, $P_{i,0} = 0$ 으로 초기화 하는데, 상기 \tilde{b}_i 는 $b_{i,k}$ 의 명목상(Nominal) 값이다. 그리고 λ 는 망각 상수(Forgetting factor)로서 추정시 과거 측정치의 기여분은 적당히 잊어버리고 현재 측정값에 보다 많은 비중을 주어 추정하겠다는 의도로 도입된 상수로서, 0과 1사이의 값을 가진다. 극단적인 경우로 $\lambda = 1$ 이면 모든 과거값과 현재값을 동일 비중으로 반영시키겠다는 뜻인데, 보통 $\lambda = 0.9 \sim 0.99$ 정도의 값을 택하여 10~100 정도의 메모리를 갖도록 한다.

<146>

k번째 시점에서의 결합기 전달 특성 $\{C\}_k$ 는 결합기 입출력 벡터 \underline{z}_k 와 \underline{u}_k 로부터 추정할 수 있는데, 역시 추정 방법은 현재와 과거의 모든 결합기 입출력 값을 이용하여 최소 자승적으로 결합기 특성의 최적값을 추정하는 상기 재귀적 최소 자승법을 쓴다. 현재 k번째 시점의 결합기 추정치 C_k 에 대한 비용함수를 하기 <수학식 26>과 같이 택할 수 있다.

<147>

$$H(C_k) = \sum_{j=1}^k \lambda^{k-j} \|\underline{u}_j - C_k \underline{z}_j\|^2$$

【수학식 26】

<148>

상기 <수학식 26>에서 비용함수를 최소화하는 C_k 를 하기 <수학식 27>와 같이 재귀적으로 계산할 수 있다.

<149>

$$C_k = C_{k-1} + (u_k - C_{k-1} z_k^H \frac{Q_{k-1}}{z_k^H Q_{k-1} z_k + \lambda})$$

$$Q_k = \lambda^{-1} (Q_{k-1} - \frac{Q_{k-1} z_k z_k^H Q_{k-1}}{z_k^H Q_{k-1} z_k + \lambda})$$

【수학식 27】

<150>

상기 <수학식 27>에서 $C_0 = \tilde{C}$, $Q_0 = \delta I$ (δ 는 충분히 큰 값)으로 초기화하는데, \tilde{C} 는 C의 명목상 값이다.

<151>

도 9는 도 8에 도시된 전력 증폭부의 전달 특성 행렬을 추정하는 흐름도이다. 이러한 흐름에 따라 전력증폭부(850)의 전달 특성 행렬을 추정하는 동작은 도 8의 적응신호처리부(800)에 의해 수행된다.

<152>

상기 도 9를 참조하면, 910단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 [조건 1]을 만족하도록 전력 증폭부의 증폭기 수(M), 섹터 수(N), 원하는 전력 증폭부의 증폭도(α), 망각상수(λ)와 같이 파라미터를 셋업(설정)한다. 920단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 [조건 3], [조건 4]를 만족시키기 위해 상기 <수학식 4>와 <수학식 5>를 만족하는 결합기 특성 행렬을 결정하고, 전력 증폭부 특성 행렬 B를 추정하기 위해 명목상의 전력 증폭기 이득인 α 를 갖도록 명목상의 전력 증폭부 특성행렬 B_0 를 초기화하고, $A_1 = C^{-1}$ 로 분배기 전달 특성 행렬을 초기화한다. 만약 행렬의 열(Row)수 보다 행(Colum)수가 많을 경우 분배기 전달 특성행렬은 $A_1 = C^+$ 로 초기화 한다. 930단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 k번

째 시점에서의 전력 증폭부 입출력 벡터 (\underline{y}_k , \underline{z}_k)와 k번째 시점에서의 분배기 입력 신호 \underline{x}_k 를 입력받는다. 940단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 <수학식 24>, 상기 <수학식 25>을 적용하여 $b_{i,k}$ 를 추정한다. 상술한 바와 같이 B_k 는 대각선행렬이므로 상기 $b_{i,k}$ 의 추정치를 구하면 전력 증폭부 특성 행렬이 추정된다. 950단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 추정된 특성행렬(B_k)을 이용하여 상기 <수학식 22>에 의해 차기 분배기 특성행렬(A^{k+1})을 구한다. 상기 950단계를 수행한 후 상기 적응신호처리부(800)는 960단계에서 k번째 시점 다음 시점인 k+1번째 시점까지 대기하였다가 상기 930단계로 되돌아가 전술한 동작을 반복 수행한다.

<153> 도 10은 도 8에 도시된 전력 증폭부 전달 특성 행렬과 결합기 특성 행렬을 추정하는 흐름도 이다.

<154> 상기 도 10을 참조하여 설명하면, 1010단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 [조건 1]을 만족하도록 시스템 구성에 따라 섹터수(M), 전력 증폭기 수(N), 원하는 전력 증폭기 이득(α)과 망각 상수(λ)와 같이 파라미터를 셋업(설정)한다. 1020단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 명목상의 전력증폭기 이득을 갖는

$\{B\}_{0\sim}$ 를 초기화하고, 상기 [조건 3]과 상기 [조건 4]를 만족시키기 위해 상기 <수학식 4>와 <수학식 5>를 만족하도록 $\{C\}_{0\sim}$ 를 초기화하고, 분배기 전달 특성 행렬을 $A_1 = C_0^{-1}$ 로 초기화시킨다. 만약 행렬의 열(Row)수 보다 행(Colum)수가 많을 경우 분배기 전달 특성행렬은 $A_1 = C^+$ 로 초기화 한다. 만약 1030단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 k번째 시점에서의 전력 증폭부 입출력 벡터와 분배기 입력 벡터를 입력받는다. 1040단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 <수학식 24>, 상기 <수학식 25>, 상기 <수학식 26>, 상기 <수학식 27>를 적용하여 전력 증폭부 특성 행렬과 결합기 특성 행렬을 적응 적으로 추정한다. 1050단계에서 상기 적응신호처리부(800)는 상기 추정된 행렬값(B_k, C_k)을 이용하여 상기 <수학식 22>에 의해 차기 분배기 전달 특성 행렬을 구한다. 상기 1050단계를 수행한 후 상기 적응신호처리부(800)는 1060단계에서 k번째 시점의 다음 시점인 k+1번째까지 대기하였다가 상기 1030단계로 되돌아가 전술한 동작을 반복 수행한다.

- <155> 도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 구성을 도시하는 블록도이다.
- <156> 상기 도 11에 도시된 적응 방식의 전력폴링 장치는 섹터수와 전력증폭기 수를 고려한 본 발명의 일 실시예로서, 도8에 도시된 전력폴링 장치에 시스템 제어부(892), 보정부(891), 커플러(890)를 더 포함한다.
- <157> 상기 적응 신호 처리부(800), 상기 신호 발생부(820), 상기 분배기(830), 상기 시스템 제어부(810)은 디지털 영역에서 동작한다. 상기 IF 경로(840), 상기 전력 증폭부(850), 상기 결합기(860), 상기 안테나(870), 상기 커플러(890), 상기 피드백 경로부(880)등은 아날로그 영역에서 동작한다. 상기 보정부(891)는 디지털 영역과 아날로그 영역에서 동작한다. 도 11에서

하나의 기지국이 서비스하는 셀은 α , β , γ 로서 세 개의 섹터(즉 $M=3$)로 나누어져 있고, 상기 전력증폭부(850)이 구비하는 전력 증폭기는 여분(Redundancy) 하나를 포함하여 네 개라고 가정한다(즉 $N=4$).

<158> 상기 신호 발생부(820)에서 각 섹터 별로 독립적인 디지털 신호 α , β , γ 를 각각 발생시키고 이 신호들로 이루어진 섹터 입력 벡터 $\underline{x} = [\alpha, \beta, \gamma]^T$ 를 출력한다. 상기 분배기(830)에서 섹터 입력 벡터를 받아 이 값과 이전 단계에서 적응 신호 처리부(800)이 계산 및 출력한 분배기 제어 행렬값 A^k 를 곱하여 분배기(830) 출력 벡터 \underline{y} 로서 출력한다. 그런데 여분의 전력 증폭기 하나를 사용하므로 분배기 출력 요소 수는 4로서 분배기 입력 벡터 요소 수 3보다 하나 증가했음에 주의한다. 상기 전력 증폭부 입력 벡터 \underline{y}' 는 전력 증폭부(850)를 통해 일정량만큼 증폭되어 전력 증폭부 출력 벡터 \underline{z} 로 출력되고, 전력 증폭부 출력들은 다시 결합기(860)을 통해 결합되어 섹터 출력 벡터 \underline{u} 로 출력된다. 상기 섹터 출력 벡터 \underline{u} 는 섹터 안테나(870)을 통해 각 섹터 α , β , γ 별로 방사된다. 차기 분배기 제어 행렬인 A^{k+1} 을 계산 및 출력하기 위해 적응 신호 처리부(800)은 섹터 입력 벡터 \underline{x} , 전력 증폭부 입력 벡터 \underline{y} , 전력 증폭부 출력 벡터 \underline{z} , 그리고 결합기 출력 벡터 \underline{u} 를 필요로 한다. 상기 적응신호 처리부는 디지털 영역에서 동작하므로 디지털 신호인 \underline{x} , \underline{y} 를 입력시키는 데는 문제가 없으나, RF 아날로그 신호인 \underline{z} , \underline{u} 를 입력시키는 데는 특별한 고려가 필요하다. 본 실시예에서는 RF 아날로그 신호인 \underline{z} , \underline{u} 를 각각 기저대역 디지털 신호 \underline{z}' , \underline{u}' 로 변환하기 위해 피드백 경로부(880)를 구비한다. 상기 피드백 경로부(880)은 도 12에 도시한 바와 같이 다중화기(MULTIPLEXER)(881)와 주파수 하향 변환기(Frequency Down Converter)(882)와 아날로그 디지털 변환기(A/D Converter)포함한다. 상기 피

드백 경로부(880)는 커플러(890)를 통해 송신 경로 상의 RF 신호 일부를 채취하고, 주파수 하향 변환기(882)를 통해 기저대역으로 주파수를 변환시키고, 아날로그 디지털 변환기(Analog to Digital Converter)(183)를 통해 디지털 신호로 변환시킨다. 상기 변환 과정을 거치면서 주파수, 신호 속성(즉, 아날로그 또는 디지털), 그리고 신호의 크기와 위상이 바뀌는데, 적응 신호 처리 관점에서 볼 때 주파수와 신호 속성은 상관없고 중요한 것은 신호의 크기와 위상의 변화이므로 이하에서는 신호의 크기와 위상만을 고려하기로 한다.

<159> 상기 IF 경로부(840)상에서 디지털 아날로그 변환기와 주파수 상향 변환기를

거치면서 발생하는 \underline{y} 와 \underline{y}' 간의 크기와 위상의 변화는 전력 증폭부(850) 자체의 특성 변화로 돌리고 $\underline{y} = \underline{y}'$ 으로 놓아도 상관이 없었다. 그러나, 상기 피드백 경로부(880)상에서 주파수 하향 변환기(882), 아날로그 디지털 변환기(883)등을 거치면서 발생하는 \underline{z} 와 \underline{z}' 간, 그리고 \underline{u} 와 \underline{u}' 간의 크기와 위상의 변화에 대해서는 이를 흡수할 수단이 없으므로 부득이 상기 변화분을 적당한 수단에 의해 측정하여 보정해 주어야 한다. 만약 상기 주파수 하향 변환기, 아날로그 디지털 변환기등의 전달 특성이 일정하여 운전 중 변화한다면, 선택적으로 (optionally) 보정부(891)와 다중기(Multiplexer)(881)을 상기 도 6과 상기 도 7에 도시된 바와 같이 구비해서, 시스템 운전 중 상기 전달 특성을 일정 시간 간격으로 측정 및 보관했다가 이 보정 값을 적응 신호 처리부(100)에 입력하고, 적응 신호 처리부(100)은 상기 보정값 $\Delta \underline{z}$, $\Delta \underline{u}$ 를 이용하여 입력 받은 \underline{z}' , \underline{u}' 를 \underline{z} , \underline{u} 으로 보정한다. 이를 위해 보정부(891)은 보정용 테스트 신호 \underline{z}'' 와 \underline{u}'' 를 발생시켜 다중기(881)를 통해 피드백 경로부(880)의 전달 특성을 추정한 후, 이를 보정값 $\Delta \underline{z}$, $\Delta \underline{u}$ 로 출력하고 적응 신호 처리부(800)으로 입력시킨다. 상기 보정부(891)을 구현하는 데는 여러 가지 방법을 생각해 볼 수 있다. 우선 시간 분할 방법으로 일정 시간 간격마다 다중기의 스위칭 작용을 통해 커플러(890)의 입력을 평상시 송신 신호 \underline{z} , \underline{u} 로부터 테스트 신호 \underline{z}'' 와 \underline{u}'' 으로 전환하여 피드백 경로부(880)의 특성을 추정하는 방법이 있다. 그리고, 코드 분할 방법으로 보정부(891)에서 평상시 송신 신호 \underline{z} , \underline{u} 와는 가급적 상관성이 적은 테스트 신호를 발생시켜 이 테스트 신호를 다중기를 통해 평상시 송신 신호와 함께 피드백 경로부(880)로 입력시킴으로써, 피드백 경로부(880)의 전달 특성을 추정하는 방법이 있다.

- <160> 상기 적응 신호 처리부(800)은 신호 발생부(820)과 피드백 경로부(880)로부터 현재의 스냅샷(Snapshot) \underline{x}_k , \underline{z}' , \underline{u}' , \underline{y}' 과 보정부로부터의 보정 신호 $\Delta\underline{z}$, $\Delta\underline{u}$ 를 입력받아 차기 분배기 제어 행렬값 A_{k+1} 를 출력한다.
- <161> 상기 도 11에서 시스템 제어부(System Controller)(810)는 전체 시스템의 동작 흐름을 제어하기 위해 구비되며, 적응 신호 처리부(800), 신호 발생부(820), 보정부(891)등을 제어한다.
- <162> 도 13은 도 3 또는 도 11에 도시된 적응 신호 처리부의 구성이 일예를 보여주는 도면이다.
- <163> 본 발명에 의한 적응 방식의 전력 폴링 알고리즘은 디지털 영역에서 동작하므로 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 쉽게 구할 수 있는 디지털 신호 처리 칩(DSP; Digital Signal Process CHIP) 과 부수 코딩(Coding)을 통해 구현할 수 있다.
- <164> 적응 신호 처리부(800)는 보정 계산부(Calibration Calculator)(801), 메모리부(Memory)(803), 제어 행렬 계산부(Controller Matrix Calculator)(805), 추정 행렬 계산부(Estimator Matrix Calculator)(807), 지연부(Delay)(809)등으로 구성된다. 상기 보정 계산부(801)은 피드백 경로부(880)로부터의 피드백 신호 \underline{z}' , \underline{u}' 와 상기 도 11에 도시된 보정부(891)로부터의 보정 신호 $\Delta\underline{z}$, $\Delta\underline{u}$ 를 입력받아, 상기 피드백 신호를 상기 보정 신호를 이용하여 보정해 줌으로써, 전력 증폭부 및 결합기 출력 벡터의 원하는 피드백 신호 \underline{z} , \underline{u} 를 계산 및 출력한다. 만약, 따로 보정부(891)을 쓰지 않는 경우, 운전 전 미리 실험 등을 통해 추정된 보정값을 메모리에 보관시켰다가 운전시 추출해 보정용으로 쓸 수 있다. 제어 행렬 계산부(805)와 추정 행렬 계산부(804)는 메모리부(803)로부터 적응 알고리즘의 초기화에 필요한 초기 값들을 입력받고 신호 발생부(820)로부터 \underline{x} , \underline{y} 를, 보정 계산부(801)로부터 \underline{z} , \underline{u}

등을 입력받는다. 상기 추정행렬 계산부(807)은 상기 도 10에 도시된 전력 폴링 알고리즘에 따라 전력 증폭부 추정 행렬 B^k 와 결합기 추정 행렬 C^k 를 추정한다. 상기 제어 행렬 계산부는 상기 추정행렬을 이용하여 차기 분배기 제어 행렬 A^{k+1} 을 계산해 낸다. 상기 과정에서 얻어진 A^{k+1} 는 지연부(809)에서 일정시간 지연된 후 차기 분배기 제어 행렬 $\{A\}_k$ 로서 출력되어 분배기(830)으로 입력된다.

<165> 상기 도 8, 도 11에 도시된 실시예에서 상기 결합기(860)는 수동 소자만으로 이루어진 것으로 능동 소자에 비해 특성이 안정되어 있으므로 운전 중 온라인(On-line)으로 특성을 추정하지 않고 오프라인(Off-line)으로 측정한 특성을 적응 알고리즘에 적용할 수도 있다.

<166> C. 본 발명의 실시예에 따른 적응방식의 전력 폴링장치에 의한 실험 결과

<167> 도 14a 내지 도 14d는 본 발명의 일 실시예에 따른 적응 방식의 전력 폴링 장치의 실험 결과 각 섹터별 출력 파형을 도시하고 있다. 이러한 실험결과는 컴퓨터 모의실험(Computer Simulation)을 통해 구해진 것으로 다음과 같은 가정하에서 이루어졌음을 밝혀두는 바이다.

<168> 상기 [조건 1]로부터 섹터수 $M=3$, 여분의 증폭기(Redundancy) 하나를 포함한 전력 증폭기 수 $N=4$ 이다. 여기서 ($N>M$)이다. 입력 신호 벡터의 평균은 0이고, 섹터 입력신호간에는 상관성이 없다고 가정하고 가우시안 랜덤(Gaussian Random)신호를 발생시킨다. 섹터별 입력 신호들의 전력은 첫 번째 섹터부터 1, 0.25, 0.01 Watt로서 크기가 상당히 차이가 난다고 가정한다. 결합기 특성행렬 C 를 상기<수학식 28>에 따라 정한다.

<169> 상기 실험에서는 결합기의 특성은 일정하다고 보고 적응 알고리즘에서 결합기 특성을 추정하지 않는다고 가정한다. 전력 증폭기의 원하는 증폭도 α 는 10으로 정한다. 그러나, 실제 전력 증폭기 이득 행렬 B 는 하기 <수학식 28>이고 전력 증폭기의 이득과 위상이 명목 값으로부터 조금씩 차이가 난다고 가정한다.

<170> 【수학식 28】

<171>

$$B = \begin{bmatrix} 7e^{j30^\circ} & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & 15e^{j10^\circ} & & \vdots \\ \vdots & & 8e^{j4^\circ} & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & 9e^{-j20^\circ} \end{bmatrix}$$

<172>

그리고, 전력 증폭기 출력 잡음 \underline{v} 은 0.01Watt로 가정한다. 실험 결과는 상기 도 10에 각 단의 실제 파형이 나타나 있다. 본 실험에서 가로축은 모두 입력신호 기준 시간 인덱스 (time index) k 를 나타낸다.

<173>

도 14a는 섹터 입력 신호 \underline{x} , 도 14b는 전력 증폭부 입력 신호 \underline{y} , 도 14c는 전력 증폭부 출력 신호 \underline{z} , 도 14d는 섹터 출력 신호 \underline{u} 를 각각 나타내고 있다.

<174>

상기 도 14a와 상기 도 14c를 비교하면, 입력 신호의 크기가 섹터별로 차이가 나더라도 전력 증폭부 출력 신호들의 전력은 거의 같은 크기를 가짐을 알 수 있다. 즉 본 발명의 적응 방식의 전력폴링장치는 전력 증폭기가 균등하게 구동되도록 하는 상기 [조건 3]을 만족하고 있다. 실제 계산 결과, 전력 증폭부 출력 신호 요소들의 전력은 첫 번째 전력 증폭기 출력부터 30.1, 29.9, 28.6, 28.7 Watt로 나왔다.

<175> 도 14a와 도 14d를 비교하면, 실제 전력 증폭기의 이득 특성의 변화에도 불구하고, 입력 신호가 균일하게 원하는 증폭도 10을 가지고 출력 신호로 나옴을 알 수 있다. 즉 섹터별 선형 증폭 상기 [조건 2]를 만족함을 알 수 있다. 또한 결합기를 거치면서 결합기 전·후단의 총 전력이 실제 계산 결과 117.45, 117.41 Watt로서 거의 같음을 알 수 있다. 따라서, 전력 증폭기에서 증폭된 신호가 결합기를 손실 없이 통과하여 안테나로 출력됨을 당수 있다. 즉 무손실 결합 상기 [조건 4]를 만족하고 있다. 이상으로부터 본 발명에 제시된 전력 폴링 방법이 전력 폴링의 요구되는 조건들을 만족시킴을 알 수 있다.

<176> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

【발명의 효과】

<177> 상술한 바와 같은 본 발명은, 분배기-전력 증폭부-결합기 직렬구조의 전력 폴링 시스템을 구비하는 이동통신 시스템에서 전력 증폭기를 각 섹터별로 균등하게 구동할 수 있다.

<178> 또한 본 발명은 전력 폴링 시스템을 각 섹터별로 균등하게 구동하기 위해 분배기 전달 특성 행렬을 적응적으로 추정하는 장치와 방법을 제공하게 된다.

<179> 또한 본 발명은 여분의 증폭기를 사용함으로써, 전력 폴링 장치의 구동에 있어서 효율성을 제공하게 된다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

이동 통신 시스템의 전력폴링 장치에 있어서,

복수의 입력 신호들을 제공되는 특성행렬에 따라 커플링하고, 전력 레벨이 균등하게 분배된 신호들을 출력하는 분배기와,

복수의 전력 증폭기들을 구비하고, 상기 전력 증폭기들 각각은 상기 전력 분배된 신호들 각각을 전력 증폭하는 전력 증폭부와,

상기 전력 증폭된 신호들을 상기 복수의 입력 신호들과 동일한 형태로 전력이 분배된 신호들로 결합하여 출력하는 결합기와,

제 k시점에서 상기 분배기의 입력 신호들과, 상기 전력 증폭부의 입력 신호들과, 상기 결합기 출력 신호들을 입력받아, 재귀적 최소 자승법을 이용하여 상기 제 k시점에서 상기 전력 증폭부의 특성행렬 또는 상기 결합기 특성행렬을 추정하고, 상기 추정된 특성행렬에 따라 상기 제 k시점 다음의 제 k+1시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 제공하는 적응신호 처리부를 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 전력 증폭부의 출력 신호들을 제공받도록 접속되는 제1입력단과, 상기 결합기의 출력 신호들을 제공받도록 접속되는 제2입력단과, 출력단을 구비하고, 상기 전력 증폭부 및 상기 결합기와 상기 적응 신호 처리부 사이의 피드백 경로를 형성하는 피드백 경로부와,

소정의 테스트 신호를 발생하여 상기 피드백 경로부의 상기 제1입력단과 상기 제2입력단으로 제공하고, 상기 피드백 경로부의 상기 출력단의 신호를 측정하여 상기 피드백 경로부의 전달 특성을 추정하여, 보정된 상기 전력 증폭부 출력 신호들과 결합기 출력신호들을 제공하는 보정부를 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 피드백 경로부는, 상기 제1입력단, 상기 제2입력단, 상기 출력단을 구비하고, 상기 입력단들을 통해 입력되는 신호들을 멀티플렉싱하여 상기 출력단으로 출력하는 멀티플렉서임을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 피드백 경로부는,

상기 출력단으로부터 출력되는 신호를 기저대역의 신호로 하향 변환하는 주파수 하향 변환기와,

상기 주파수 하향 변환기에 의해 하향 변환된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 아날로그/디지털 변환기를 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 전력 증폭부의 출력들을 결합기에서 손실 없이 출력하기 위해 상기 결합기 특성 행렬의 각 요소의 크기가 일정한 값을 가짐을 특징으로 하는 장치.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 재귀적 최소 자승법은 다음의 <수학식 1>에 의해 정의되는 $b_{i,k}$ 를 구하고,

"수학식 1"

$$b_{i,k} = b_{i,k-1} = (z_{i,k} - b_{i,k} y_{i,k}) y_{i,k}^* \frac{1}{P_{i,k}}$$

$$P_{i,k} = \lambda P_{i,k-1} + |y_{i,k}|^2$$

상기 $b_{i,k}$ 를 요소 값으로 하는 제1 시간 구간에서의 전력 증폭부 특성행렬을 추정하고, 다음의 <수학식 2>에 의해 정의되는 상기 제 k시점 다음의 제 k+1 시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 구함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

"수학식 2"

$$A_{k+1} = \alpha B^{-1}_k C^{-1}_k \text{ or } A_{k+1} = \alpha B^{-1}_k C^+_k$$

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 재귀적 최소 자승법은

다음의 <수학식 1>에 의해 정의되는 $b_{i,k}$ 를 구하고,

"수학식 1"

$$b_{i,k} = b_{i,k-1} + (z_{i,k} - b_{i,k-1} y_{i,k}) y_{i,k}^* \frac{1}{P_{i,k}}$$

$$P_{i,k} = \lambda P_{i,k-1} + |y_{i,k}|^2$$

상기 $b_{i,k}$ 를 요소 값으로 하는 제 k시점에서의 전력 증폭부 특성행렬을 추정하고,

하기 <수학식 2>에 의해 정의되는 제 k시점에서의 결합기 특성행렬을 추정하는 과정과,

"수학식 2"

$$C_k = C_{k-1} + (u_k - C_{k-1} z_k^H) \frac{Q_{k-1}}{z_k^H Q_{k-1} z_k + \lambda}$$

$$Q_k = \lambda^{-1} (Q_{k-1} - \frac{Q_{k-1} z_k z_k^H Q_{k-1}}{z_k^H Q_{k-1} z_k + \lambda})$$

상기 $\{C\}_k$ 를 이용하여 다음의 <수학식 3>에 의해 제 k시점 다음의 제 k+1시점에서 사용될 분배기 특성행렬을 구함을 특징으로 하는 상기 장치.

"수학식 3"

$$A_{k+1} = a \quad B^{-1}_k \quad C^{-1}_k \quad \text{또는} \quad A_{k+1} = a \quad B^{-1}_k \quad C^+_k$$

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 적응 신호 처리부는

적응 알고리즘의 초기화에 필요한 정보를 저장하는 메모리부와,

상기 피드백경로로부터 출력되는 신호들과 상기 보정부로부터 출력되는 보정신호를 입력받아 보정된 신호를 출력하는 보정계산부와,

상기 메모리로부터 입력되는 초기값과 각 신호를 이용하여 상기 증폭부 또는 상기 결합기의 특성행렬을 계산하는 추정행렬 계산부와

상기 추정행렬 계산부로부터 계산된 값을 입력받아 상기 분배기의 차기 특성행렬을 계산하는 제어 행렬 계산부와

상기 제어 행렬 계산기의 출력값을 일정시간 지연하는 지연기를 포함함을 특징으로 하는 장치.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 추정 행렬 계산기는 상기 분배기 입력 벡터와 상기 분배기 출력 벡터와 상기 보정 계산기의 출력벡터의 조합과 차기 분배기 제어 행렬 계산에 필요한 정보들을 입력 받아 재귀적 최소 자승법에 의해 전력 증폭부 행렬 을 계산하고 그 값을 출력함을 특징으

로 하는 상기 장치.

【청구항 10】

제8항에 있어서, 상기 추정 행렬 계산기는 상기 분배기 입력 벡터와 상기 분배기 출력 벡터와 상기 보정 계산기의 출력벡터의 조합과 차기 분배기 제어 행렬 계산에 필요한 정보들을 입력 받아 재귀적 최소 자승법에 의해 전력 증폭부 행렬 과 결합기 특성행렬을 계산하고 그 값을 출력함을 특징으로 하는 상기 장치.

【청구항 11】

이동 통신 시스템의 전력폴링 방법에 있어서,

복수의 입력 신호들을 제공되는 특성행렬에 따라 커플링하고, 전력 레벨이 균등하게 분배된 신호들을 출력하는 과정과,

상기 전력 분배된 신호들 각각을 전력 증폭하는 과정과,

상기 전력 증폭된 신호들을 상기 복수의 입력 신호들과 동일한 형태로 전력이 분배된 신호들로 결합하여 출력하는 과정과,

제 k시점에서 상기 분배기의 입력 신호들과, 상기 전력 증폭부의 입력 신호들과, 상기 결합기 출력 신호들을 입력받아, 재귀적 최소 자승법을 이용하여 상기 제k시점에서의 상기 전력 증폭부의 특성행렬 또는 상기 결합기 특성행렬을 추정하고, 상기 추정된 특성행렬에 따라 상기 제 k시점 다음의 제 k+1시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 제공하는 과정을 포함

함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 장치.

【청구항 12】

제11 에 있어서, 상기 제 $k+1$ 시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 제공하는 과정은,

섹터수와 전력증폭기수를 포함하는 초기 파라미터 값을 설정하는 과정과,

결합기 특성행렬을 결정하는 과정과,

전력증폭부 특성행렬과 분배기 특성행렬을 초기화하는 과정과,

상기 k 시점에서 분배기 입력신호들, 분배기 출력신호들, 전력증폭부 출력신호들을 입력하는 과정과,

상기 입력값들을 이용하여 재귀적 최소 자승법에 의해 상기 제 k 시점의 전력증폭부 특성행렬을 추정하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 방법.

【청구항 13】

제11 에 있어서, 상기 재귀적 최소 자승법을 이용하여 상기 제 k 시점의 전력 증폭부 특성행렬을 추정하는 과정은,

다음의 <수학식 1>에 의해 정의되는 $b_{i,k}$ 를 구하는 과정과,

"수학식 1"

$$b_{i,k} = b_{i,k-1} + (z_{i,k} - b_{i,k} y_{i,k}) y_{i,k}^* \frac{1}{P_{i,k}}$$

$$P_{i,k} = \lambda P_{i,k-1} + |y_{i,k}|^2$$

상기 $\{b\}_{i,k}$ 를 요소값으로 하는 상기 제 k시점의 전력증폭부 특성행렬 $\{B\}_k$ 를 구하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 방법.

【청구항 14】

제11 에 있어서, 상기 제 k+1시점에서 사용될 상기 분배기의 특성행렬을 제공하는 과정은,

섹터수와 전력증폭기수를 포함하는 초기 파라미터 값을 설정하는 과정과,

전력증폭부 특성행렬과 결합기 특성행렬과 분배기 특성행렬을 초기화하는 과정과,

상기 제 k시점에서 분배기 입력신호들, 분배기 출력신호들, 전력증폭부 출력신호들, 섹터 출력신호들을 입력하는 과정과,

상기 입력값들을 이용하여 재귀적 최소 자승법에 의해 상기 제 k시점에서의 전력증폭부 특성행렬과 결합기 특성행렬을 추정하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 방법.

【청구항 15】

제14 에 있어서, 상기 재귀적 최소 자승법에 의해 상기 제 k시점에서의 전력증폭부 특성행렬과 결합기 특성행렬을 추정하는 과정은

다음의 <수학식 1>에 의해 정의되는 $b_{i,k}$ 를 구하는 과정과,

"수학식 1"

$$b_{i,k} = b_{i,k-1} = (z_{i,k} - b_{i,k} y_{i,k}) y_{i,k}^* \frac{1}{P_{i,k}}$$

$$P_{i,k} = \lambda P_{i,k-1} + |y_{i,k}|^2$$

상기 $\{b\}_{i,k}$ 를 요소값으로 하는 상기 제 k시점의 전력증폭부 특성행렬 $\{B\}_k$ 를 구하는 과정과,

하기 <수학식 2>에 의해 결합기 특성행렬($\{C\}_k$)을 구하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 방법.

"수학식 2"

$$C_k = C_{k-1} + (u_k - C_{k-1} Z_k^H \frac{Q_{k-1}}{Z_k^H Q_{k-1} Z_k + \lambda})$$

$$Q_k = \lambda^{-1} (Q_{k-1} - \frac{Q_{k-1} Z_k Z_k^H Q_{k-1}}{Z_k^H Q_{k-1} Z_k + \lambda})$$

【청구항 16】

제 11 에 있어서, 제 k시점에서 상기 분배기의 입력 신호들과, 상기 전력 증폭부의 입력 신호들과, 상기 결합기 출력 신호들을 입력하는 과정은,

상기 전력 증폭부 출력 신호들과 상기 결합기 출력 신호들을 검출하는 과정과,

상기 검출신호를 기저대역 신호들로 변환하는 과정과,

상기 기저대역 신호들을 디지털 신호로 변환하는 과정과,

상기 검출신호와 상기 디지털 신호간의 전달특성을 추정하여 보정된 상기 전력 증폭부 출력 신호들과 결합기 출력신호들을 입력하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 상기 전력 폴링 방법.

【청구항 17】

제11 에 있어서,

상기 제 k+1시점에서 사용될 분배기 전달 특성 행렬은

하기 <수학식 >에 의해 정의됨을 특징으로 하는 상기 방법.

"수학식"

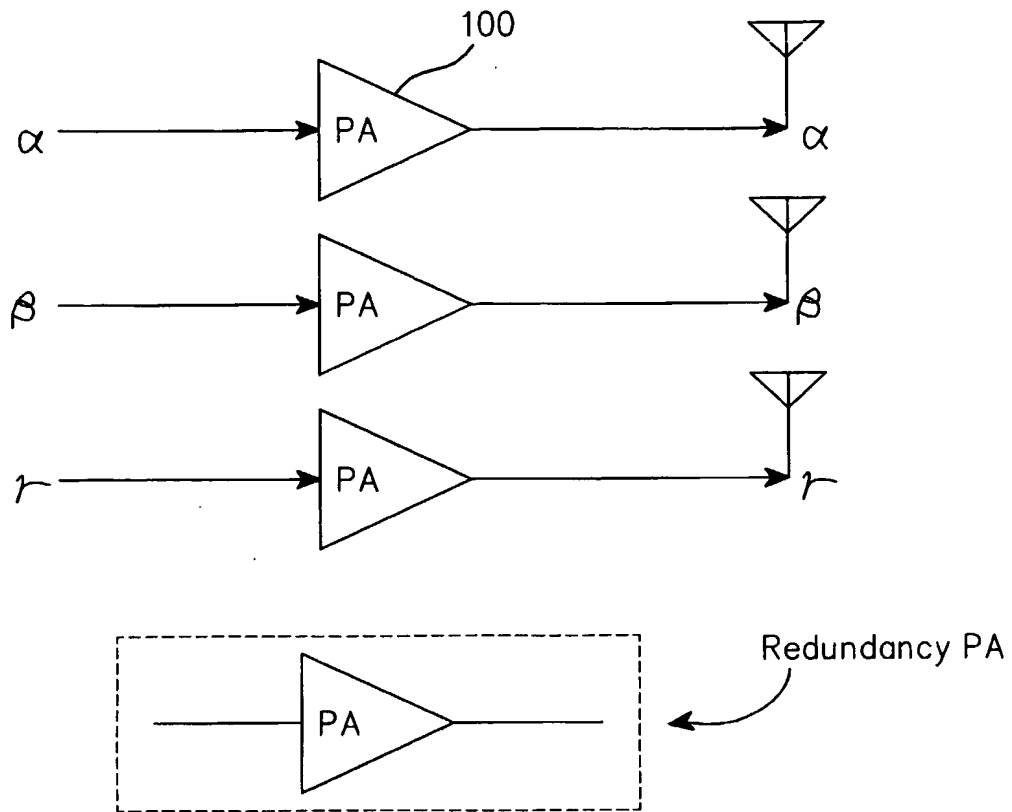
$$A_{k+1} = \alpha \ B^{-1}_k \ C^{-1}_k \text{ or } A_{k+1} = \alpha \ B^{-1}_k \ C^{+}_k$$

【청구항 18】

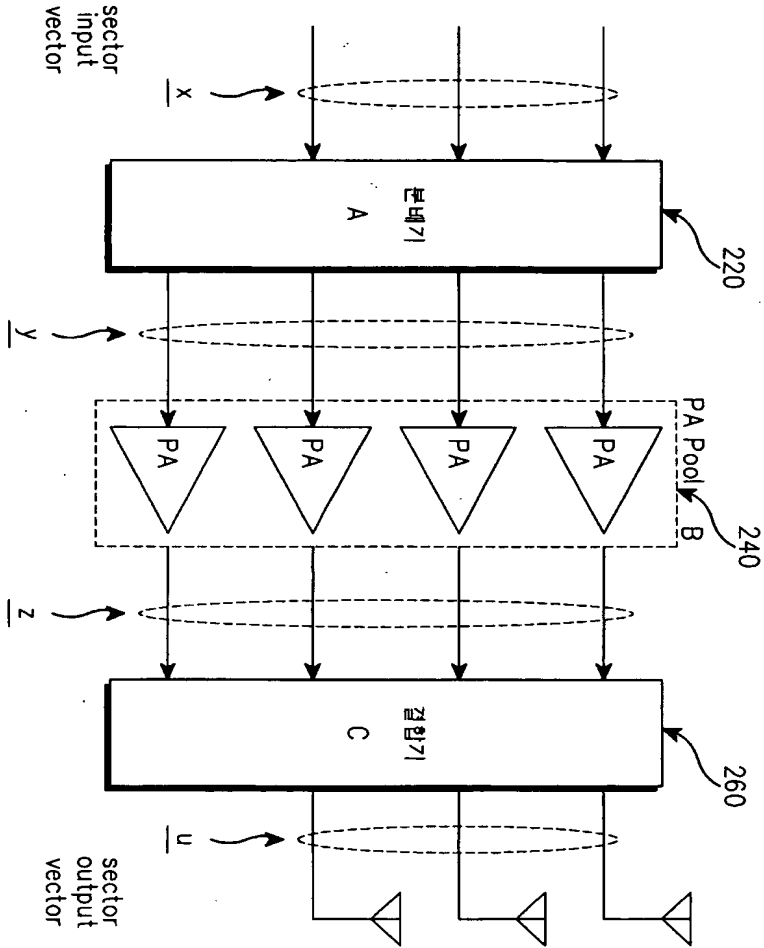
제11에 있어서, 상기 전력 증폭된 신호들을 손실 없이 결합하여 출력하기 위해 상기 결합기 특성 행렬의 각 요소의 크기가 일정한 값을 가짐을 특징으로 하는 상기 방법.

【도면】

【도 1】

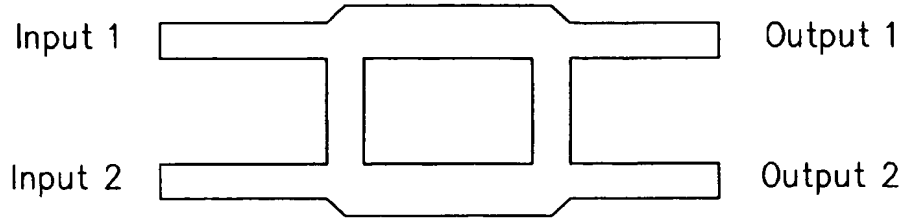


【도 2】

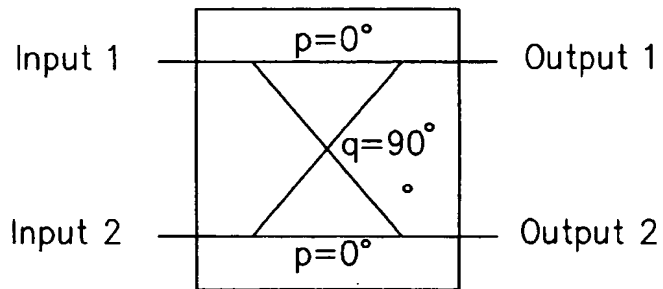


【도 3】

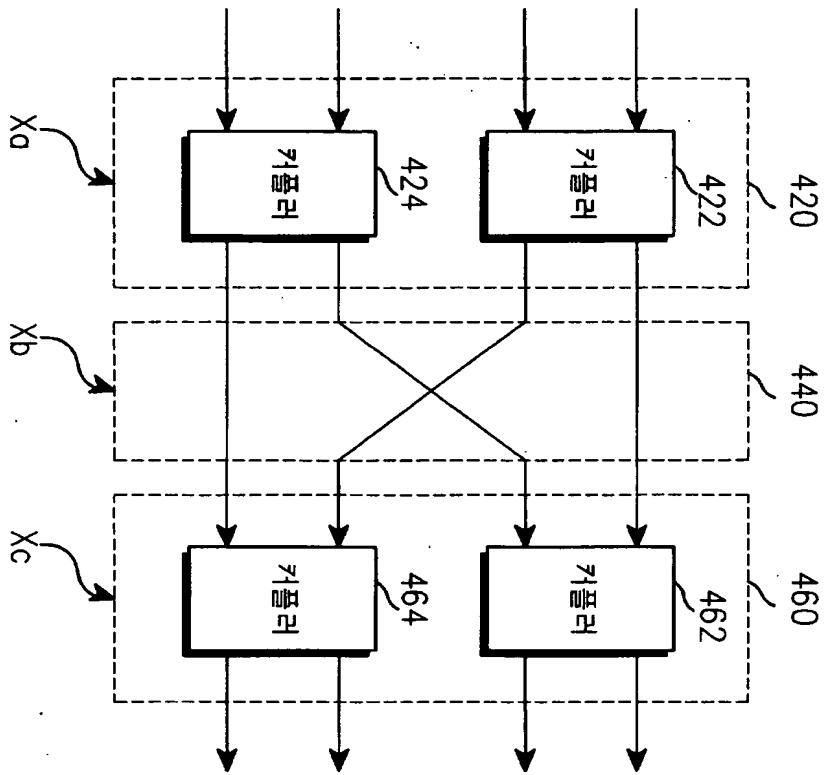
(a) 3dB 커플러의 예



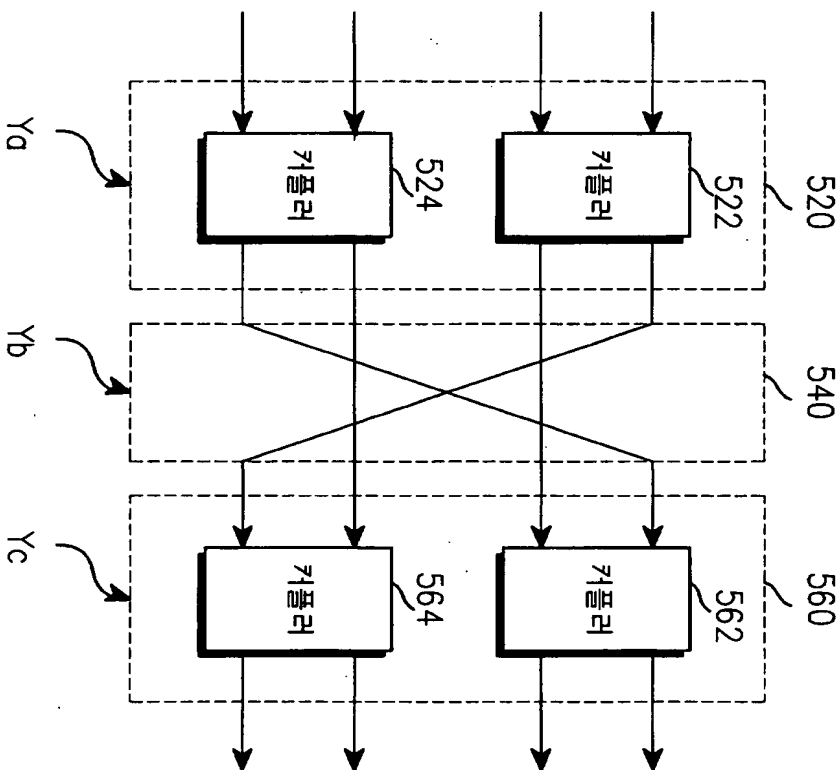
(b) 3dB 커플러의 블럭도



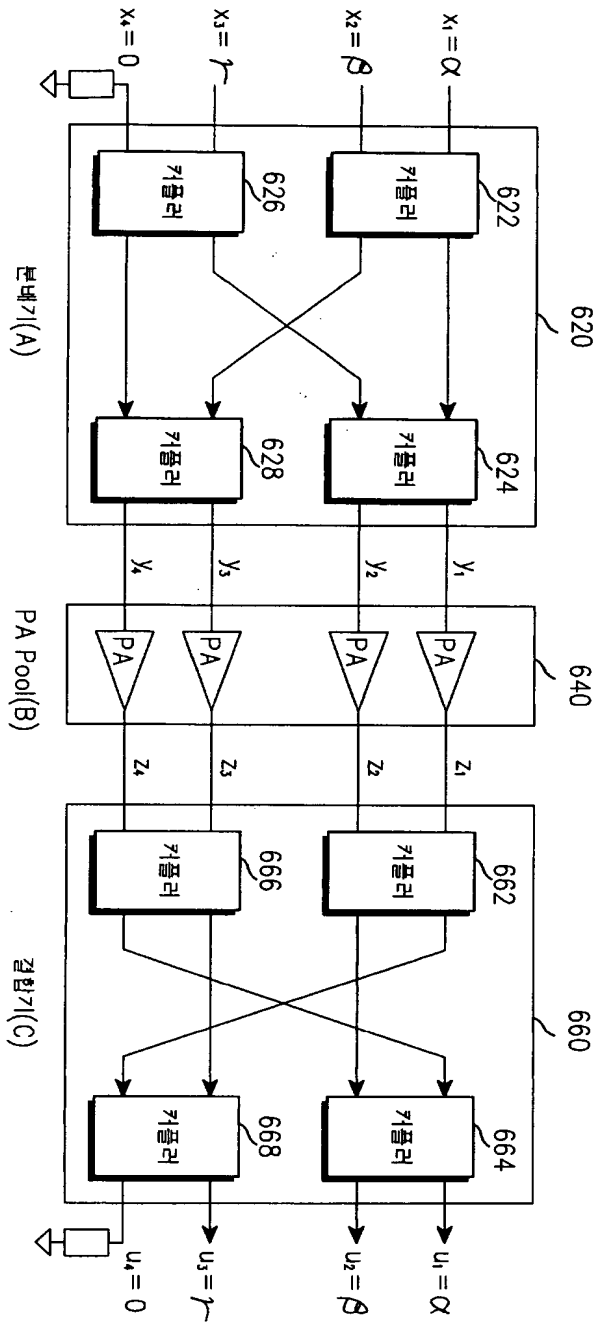
【도 4】



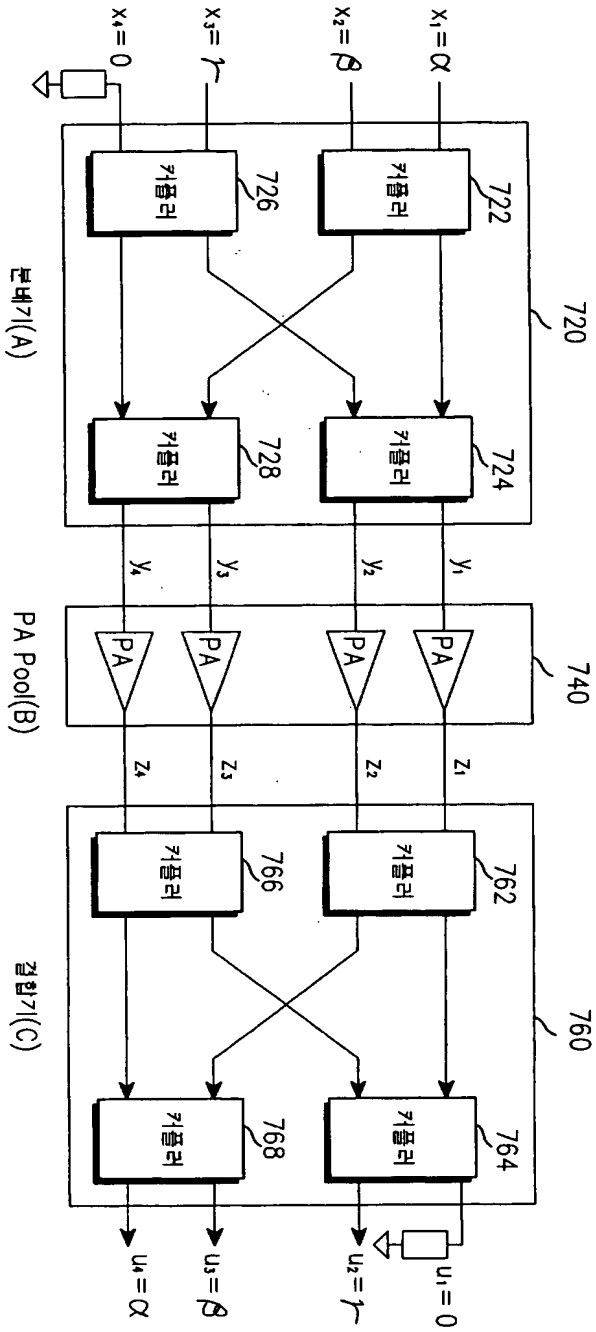
【도 5】



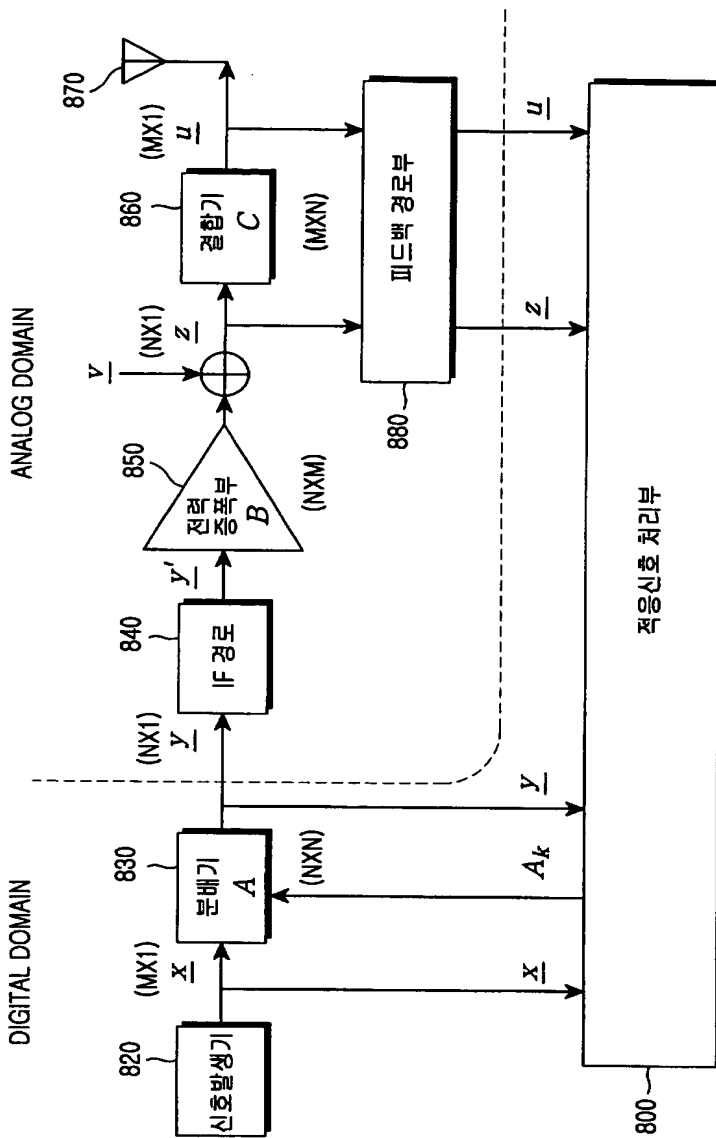
【도 6】



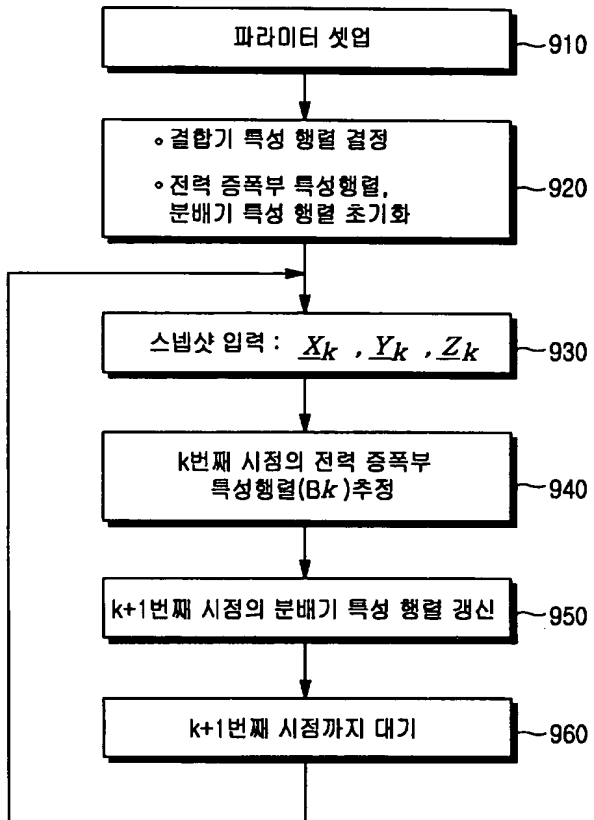
【도 7】



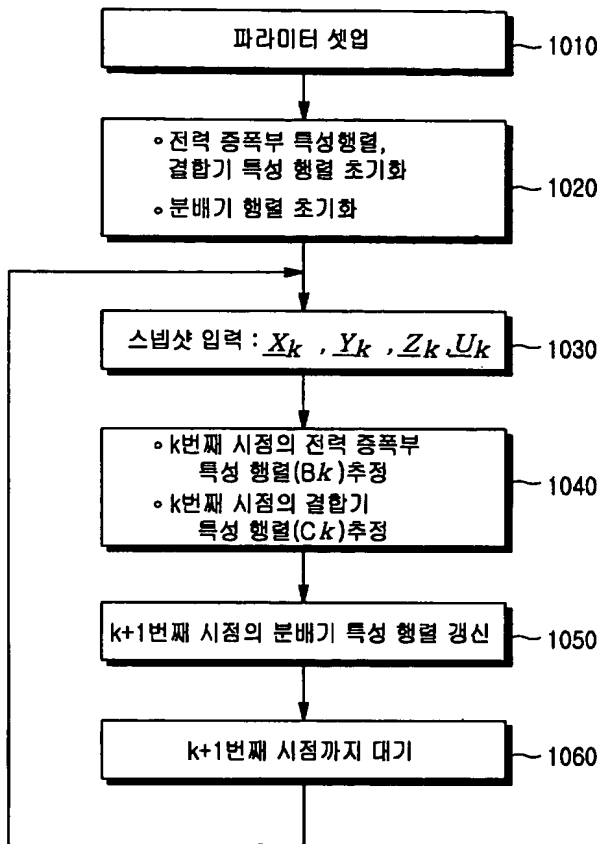
【도 8】



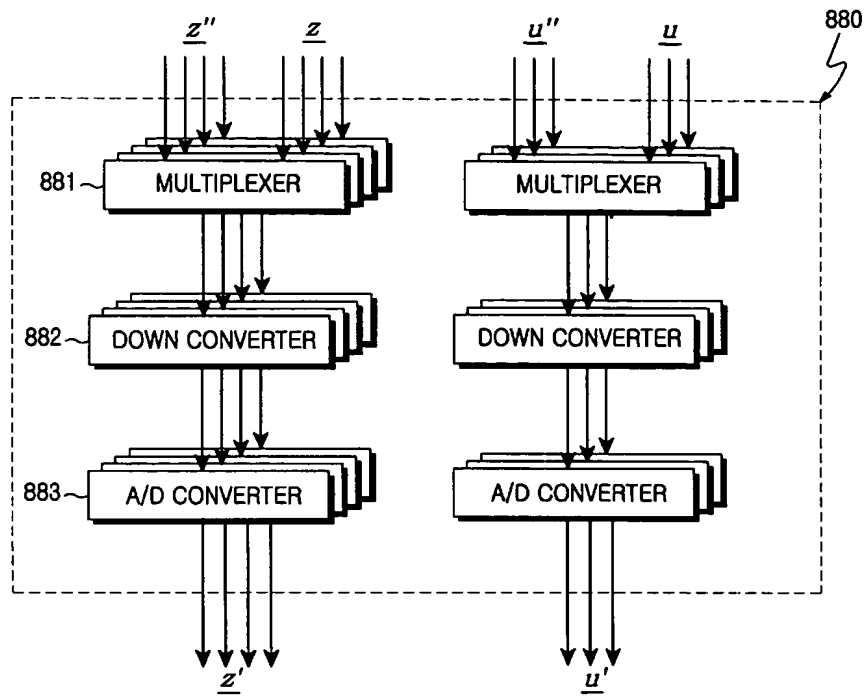
【도 9】



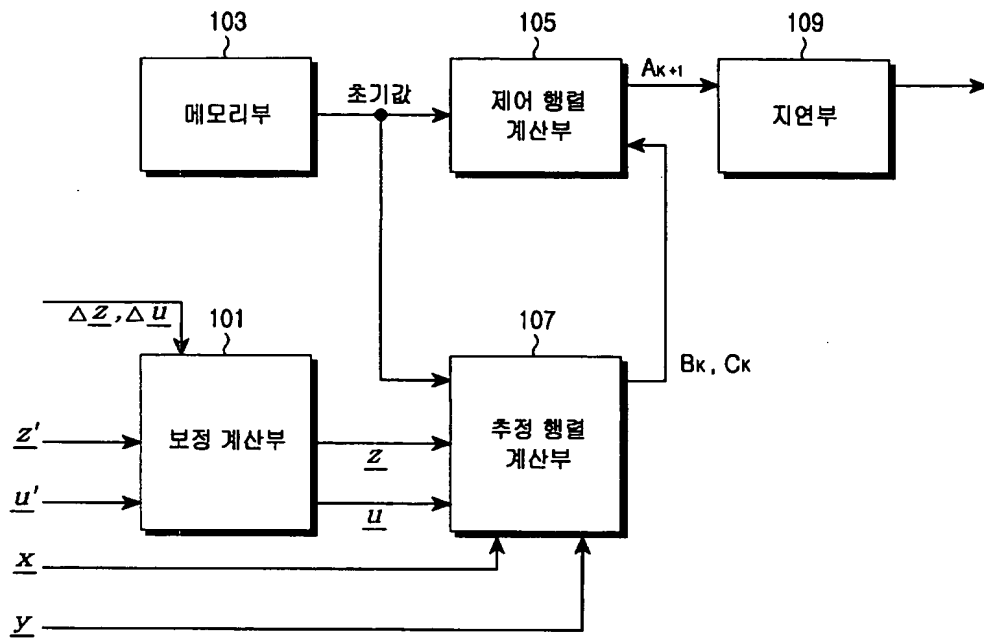
【도 10】



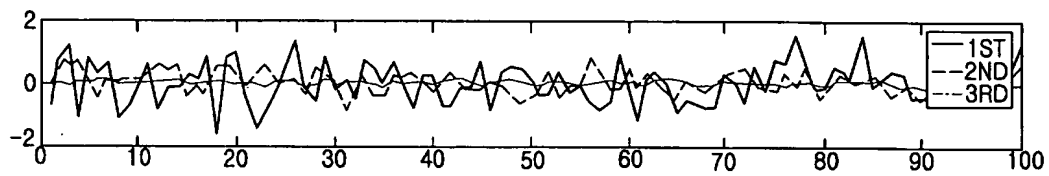
【도 12】



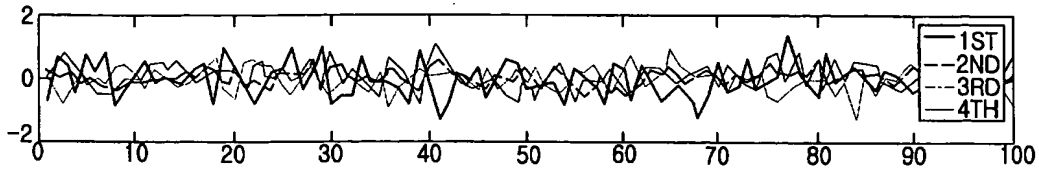
【도 13】



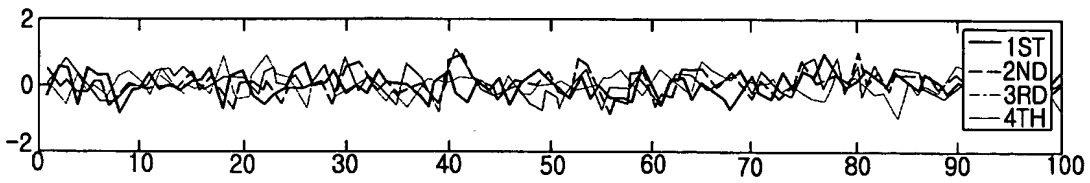
【도 14a】



【도 14b】



【도 14c】



【도 14d】

